



ТАКСАЦИЯ ЛЕСА

ХОД РОСТА НАСАЖДЕНИЙ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Уральский государственный лесотехнический университет»
(УГЛТУ)

ТАКСАЦИЯ ЛЕСА ХОД РОСТА НАСАЖДЕНИЙ

Учебное пособие

Екатеринбург
2020

УДК 630.566
ББК 43.62
Т15

Рецензенты:

Кафедра овощеводства и плодородства им. Н. Ф. Коняева УрГАУ,
кандидат с-х. наук, доцент Н. И. Шингарева;

Григорьев А. А., научный сотрудник лаборатории дендрохронологии
ФГБУН ИЭРиЖ УрО РАН

Авторы: И. С. Сальникова, Т. С. Воробьева, З. Я. Нагимов,
С. С. Зубова, О. Н. Орехова, А. В. Суслов

Таксация леса. Ход роста насаждений : учебное пособие /
Т15 [И. С. Сальникова и др.] ; Министерство науки и высшего
образования Российской Федерации, Уральский государственный
лесотехнический университет. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2020. – 130 с.
ISBN 978-5-94984-758-9

Учебное пособие предназначено для обучающихся по направлениям подготовки 35.03.01 и 35.04.01 очной и заочной форм обучения, аспирантов и работников лесной отрасли.

Рассматриваются методологические и практические вопросы исследования хода роста насаждений.

Предлагается использовать на практических занятиях по курсовому проектированию по таксации леса и при написании научных и выпускных квалификационных работ.

Издается по решению редакционно-издательского совета Уральского государственного лесотехнического университета.

УДК 630.566
ББК 43.62

ISBN 978-5-94984-758-9

© ФГБОУ ВО «Уральский государственный
лесотехнический университет», 2020
© Сальникова И. С., Воробьева Т. С.,
Нагимов З. Я. Зубова С. С.,
Орехова О. Н., Суслов А. В., 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
Глава 1. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ХОДА РОСТА НАСАЖДЕНИЙ	7
Глава 2. МЕТОДЫ СОСТАВЛЕНИЯ ТАБЛИЦ ХОДА РОСТА НАСАЖДЕНИЙ	17
2.1. Исторический метод составления ТХР	17
2.2. Метод указательных насаждений (аналитический) Гартинга	18
2.3. Метод полосок (статистический) Баура	20
2.4. Метод повторных пересчетов (комбинированный) Гейера	22
2.5. Типологический метод	23
2.6. Метод ЦНИИЛХ	24
2.7. Метод Корсуня	25
2.8. Метод Н. П. Анучина	27
2.9. Метод ВНИИЛМ подбора типов роста древостоев...	28
2.10. Метод составления всеобщих ТХР А. В. Тюрина...	31
2.11. Метод Г. С. Разина	32
2.12. Метод В. Ф. Лебкова	34
2.13. Метод кафедры лесной таксации и лесоустройства УГЛТУ	36
Глава 3. КЛАССИФИКАЦИЯ, ТИПЫ ТАБЛИЦ ХОДА РОСТА НАСАЖДЕНИЙ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ	39
3.1. ТХР нормальных древостоев	40
3.2. ТХР модальных древостоев	43
3.3. ТХР оптимальных древостоев	44
3.4. ТХР древостоев разной густоты	46
3.5. Таблицы комплексной продуктивности насаждений	47
Глава 4. ОСНОВНЫЕ МОДЕЛИ РОСТА ДЕРЕВЬЕВ И ДРЕВОСТОЕВ	49
4.1. Модели роста деревьев и древостоев как функции от времени	49
4.2. Модели относительного роста деревьев и древостоев	57
4.3. Множественные регрессионные модели роста деревьев и древостоев	58

Глава 5. ИССЛЕДОВАНИЕ ХОДА РОСТА НАСАЖДЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ ИСКУССТВЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ	61
5.1. Особенности закладки пробных площадей на исследование хода роста древостоев	62
5.2. Формирование естественного ряда роста и развития	64
5.3. Зависимость таксационных показателей древостоев от их возраста.....	67
5.4. Анализ хода роста древостоев по основным таксационным показателям.....	72
5.5. Сравнительный анализ полученных эскизов таблиц хода роста	77
ПРИЛОЖЕНИЯ	
Таблица 1. Ход роста нормальных сосновых насаждений (автор – проф. А. В. Тюрин, 1952)	84
Таблица 2. Ход роста сомкнутых сосновых насаждений на Среднем Урале (автор Д. А. Милованович, 1952)	89
Таблица 3. Ход роста не пройденных рубками естественных сосняков (автор – А. Н. Лобанов, С. В. Залесов, Н. А. Луганский, 2002).....	93
Таблица 4. Ход роста нормальных еловых насаждений (автор – А. В. Тюрин, 1952).....	97
Таблица 5. Ход роста сомкнутых еловых насаждений на Сред- нем Урале (автор – Д. А. Милованович (при участии Н. П. Олоничева), 1967)	101
Таблица 6. Ход роста нормальных березовых насаждений (автор – А. В. Тюрин, 1952)	104
Таблица 7. Эскиз таблиц хода роста древостоев березы Среднего Урала по группам типов роста (автор – Л. А. Лысов, 1985)	108
Таблица 8. Всеобщие опытные таблицы хода роста нормальных пихтовых насаждений при умеренных проходных рубках (А. В. Тюрин, 1952).....	112
Таблица 9. Ход роста нормальных осиновых насаждений (автор – А.В. Тюрин, 1952)	116
Таблица 10. Ход роста липовых семенных насаждений (автор – А. С. Матвеев, 1967)	120
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	124

ВВЕДЕНИЕ

Изучение роста древостоев представляет большую ценность как для теории, так и для практики лесного хозяйства. Результаты этих исследований являются информационной основой, которая определяет уровень лесохозяйственных, лесоинвентаризационных и лесоучетных работ.

При решении задач по устройству и оценке лесов необходимо иметь полноценные, научно-обоснованные нормативы и таблицы, позволяющие производить точный учет лесов на больших площадях. Создаваемые при участии человека лесные культуры имеют ряд особенностей в росте и продуктивности. Применяемые для таксации смешанных и чистых культур таблицы хода роста, составленные для чистых насаждений естественного происхождения, показывают нередко не соответствующие истине результаты, что заметно понижает точность учета и вводит в заблуждение работников лесного хозяйства. В связи с этим возникает необходимость иметь на первом этапе изучения чистых и смешанных культур составленные на большом фактическом материале местные таблицы, в которых нашли бы отражение реальные запасы, суммы площадей сечений, число стволов и другие показатели при наиболее часто встречающемся составе и смешении разных пород.

Исследование хода роста насаждений является одним из разделов общепрофессиональной дисциплины «Таксация леса» для бакалавров направления 35.03.01 «Лесное дело». В соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом, учебным планом и рабочей программой в результате освоения дисциплины студент должен знать:

- параметры, характеризующие отдельное дерево и совокупность отдельных деревьев, древостой элементов леса и насаждение в целом;
- глазомерные и инструментальные методы измерений;
- таксацию срубленных деревьев и лесоматериалов;
- закономерности в строении древостоев;
- методы таксации растущих деревьев и их совокупностей;
- особенности и методы таксации древостоев элементов леса и насаждений;

- методы сортиментации леса на корню;
- особенности прироста и хода роста отдельных деревьев и древостоев;
- особенности отвода, таксации и материально-денежной оценки лесосек;
- методы инвентаризации лесных массивов.

Лесная таксация служит методической и технической базой при решении задач по лесоводству, лесным культурам, лесоэксплуатации, лесному картографированию и др. Ее знание позволят лучше усвоить многие специальные и общепрофессиональные дисциплины.

Учебное пособие предназначено для самостоятельного выполнения студентами четвертой части курсовой работы по дисциплине «Таксация леса», а также как руководство при выполнении выпускной квалификационной работы по теме, связанной с изучением хода роста насаждений.

В пособии на примере сосновых древостоев искусственного происхождения Среднего Урала подробно рассмотрен процесс подбора исходных данных для анализа и изучения хода роста и развития насаждения, составлены эскизы таблиц хода роста и проведено их сравнение с имеющимися таблицами, составленными для сосняков региона исследований.

В Приложении к учебному пособию представлены всеобщие (А.В. Тюрина) и местные (для Среднего Урала) таблицы хода роста основных лесообразующих пород.

Глава 1

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ХОДА РОСТА НАСАЖДЕНИЙ

Знание закономерностей роста и развития древостоев имеет большое научное и практическое значение для проведения лесохозяйственных мероприятий, направленных на рациональное использование лесов. В связи с этим исследования хода роста деревьев и насаждений проводились со времен становления лесной отрасли. Конечным результатом данной научной деятельности, как правило, являются таблицы хода роста (ТХР).

Таблицы хода роста представляют собой систему числовых данных, полученную с помощью математического моделирования и дающую количественную характеристику динамики таксационных показателей древостоя или древостоев одного естественного ряда роста и развития. Естественным рядом считается совокупность древостоев, одинаковых по составу, происхождению, условиям произрастания, достигающих одинаковой средней высоты в определенные возрасты при общем характере роста и хозяйственному воздействию. В естественном ряду древостой, имеющие в момент наблюдения разные возрасты, заменяют собой как бы один древостой, взятый в разные периоды его жизни. Другими словами, молодые насаждения возрастом 10, 20, 30 и т. д. лет должны представлять стадии развития, пройденные более старыми насаждениями. В этом случае, каждое из этих насаждений будет составлять звено одного и того же естественного ряда.

Впервые исследования хода роста и продуктивности насаждений были проведены в Германии в XVIII веке: Шваппахом по сосне, Лорейем – ели, Вимменауэром – буку (Орлов, 1925). Составленные таблицы имели региональный характер, причиной чего являлось ограниченное размещение лесных научных школ.

Первые таблицы хода роста в России «Опытные таблицы запаса и прироста нормальных насаждений» были получены в 1846 году А. Р. Варгасом де Бедемаром. В них был представлен ход роста древостоев Санкт-Петербургской, Самарской и Тульской губерний. Де Бедемар классифицировал почвы по степени их пригодности для произрастания отдельных пород (теперь их называют классами

бонитета). Для каждого класса добротности Варгас де Бедемар составил отдельную таблицу хода роста полного нормального насаждения. Его таблицы также были местными.

Позже в 1897 году подобные таблицы «Таблицы хода роста нормальных насаждений» разработал М. М. Орлов. В новом названии слова «ход роста» образовали новое понятие, подразумевающее «движение» роста, т. е. его динамику во времени (Орлов, 1925). Затем в 1909 г. В. Я. Добровлянским были составлены таблицы для сосновых древостоев Киевской губернии, а в 1913 г. А. В. Тюриным – для сосняков Архангельской губернии, в которых впервые показан ход роста этих насаждений до полного их разрушения в возрасте около 360 лет (Анучин, 1982).

Все существующие на 1917 г. таблицы были помещены М. М. Орловым в «Лесную вспомогательную книжку»: три для сосны, по две для березы и осины, по одной для ели и для дуба порослевого происхождения.

Дальнейшее развитие методов изучения роста древостоев шло по пути обобщения лесотаксационных нормативов. Большую роль при этом сыграли открытые Вейзе, Шиффелем и Эйхгорном закономерности роста древостоев, независимые от макроклимата (Нагимов и др., 2003). Обобщив результаты исследований немецких опытных лесных станций, Шиффель в 1904 г. составил общие таблицы для ели. Герхард в 1921–1930 гг. разработал на основе местных общие ТХР для сосны, ели, дуба, и бука. Позднее эти таблицы получили название всеобщих.

А. В. Тюрин в 1931 на основе отечественных и зарубежных таблиц хода роста разработал всеобщие ТХР древостоев основных древесных пород (сосны, ели, березы, осины), которые можно было использовать на всей территории нашей страны. В связи с этим уменьшился интерес к выявлению местных закономерностей роста насаждений по отдельным регионам.

Новый этап развертывания работ по созданию региональных таблиц связан с именем Н.В. Третьякова, который внес значительный вклад в теорию этого научного направления. Он считал, что исследования роста и развития древостоев должны осуществляться только в пределах однородных по лесорастительным условиям районов (Третьяков и др., 1952). Подобные высказывания встречаются и в работах зарубежных авторов, в частности, Ассманна (Assmann, 1961) и Века (Weck, 1960). Однако достаточно обоснованных критериев по

разделению обширной территории нашей страны на районы, для которых необходимы свои лесотаксационные нормативы, в настоящее время нет. Этот вопрос в лесной таксации остается дискуссионным. Поэтому одни таблицы составляются для территории административной области, другие – для лесорастительной зоны, третьи – для лесхоза и т.п.

Н. Н. Свалов сложившуюся практику приоритета региональных таблиц считает необоснованной и выступает за разработку общих для каждой древесной породы таблиц, включающих в качестве составных частей следующее: динамическую шкалу классов бонитета на основе верхней высоты древостоев, таблицу сумм площадей сечений и запасов, полную таблицу хода роста (Свалов, 1979).

В. Б. Козловским и В. М. Павловым таблицы хода роста насаждений, применяемые на производстве, были сведены в справочник «Ход роста основных лесообразующих пород СССР» (Козловский, Павлов, 1967).

В настоящее время общее число ТХР достигло нескольких сотен. Существенным шагом в развитии данного научного направления следует считать работы Б. Б. Зейде (Зейде, 1968) и В. В. Загреева (Загреев, 1978, 1992) по систематизации имеющегося табличного материала, выявлению на этой основе общих закономерностей и региональных особенностей роста насаждений. Такие исследования важны также для обоснования оптимальных вариантов по разработке местных таблиц хода роста. Необходимо здесь отметить и работы, связанные с актуализацией лесотаксационных нормативов на базе современных компьютерных технологий (Черных, Сысуев, 2002; Колобов, 2009, 2012).

Разные взгляды в лесотаксационной науке сформировались и по вопросу классификации древостоев. Наиболее широкое применение в качестве классификационного признака при исследовании хода роста и развития древостоев получил класс бонитета (Орлов, 1925; Тюрин, 1931; Свалов, 1979; Загреев, 1978; Казимиров, 1995; и др.). При этом при расчленении по бонитетам в одну и ту же категорию попадают насаждения в биологическом и хозяйственном отношении неоднородные. Если они и характеризуются одинаковым ходом роста, то в другом они разные (Морозов, 1930). Насаждения, имеющие в одинаковом возрасте равные высоты, имели одинаковый ход роста в прошлом и будут иметь одинаковый ход роста в будущем, независимо от того, где они находятся, т.е. «... при разных почвах и в разных условиях местопроизрастания, как было отмечено еще Варгасом

де Бедемаром, ход роста насаждений сосны может быть одинаковым» (Тюрин, 1931). Однако существующие бонитетные шкалы носят статистический характер (Свалов, 1979). Установлено, что изменение средних высот во времени не всегда соответствует общескандинавской шкале. Так, Н. В. Третьяков (1937) указывал на наличие следующих трех типов развития насаждений: с нормальным ростом, с замедленным в молодом возрасте и ускоренным в старом, а также с ускоренным в молодом и замедленным в старом. Типы роста сосновых древостоев, не укладывающиеся в общескандинавские шкалы, выделялись М. В. Давидовым (Давидов, 1977) и А. А. Гурским (Гурский, 1997). М. В. Рогозин и Г. С. Разин на основании многочисленных исследований пришли к выводу, что «шкала бонитетов пригодна для таксации только в статике, т.е. «здесь и сейчас», из чего логически вытекает вывод о ее непригодности для прогноза (реконструкции) роста древостоев» (Рогозин, Разин, 2015).

К. Е. Никитин при исследовании роста древостоев расширил общескандинавскую шкалу двумя дополнительными: для насаждений с быстрым ростом в молодом возрасте и для насаждений с медленным ростом (Никитин, 1966). Здесь следует также отметить, что насаждения одного класса бонитета могут произрастать в различных почвенных и климатических условиях.

В странах Западной Европы в большинстве случаев в качестве классификационного признака также использовался класс бонитета насаждений. Причем в последние годы в большинстве стран при классификации насаждений перешли к использованию верхних высот (Assmann, Franz, 1967). Как правило, она определяется как средняя высота 100 наиболее толстых деревьев на 1 га. В нашей стране идея использования верхних высот при составлении таблиц хода роста также находила место (Свалов, 1979; Кузьмичев, 1980).

Широкое признание в нашей стране получили теоретические концепции Н. В. Третьякова, который в качестве основного классификационного признака предложил использовать тип леса, отведя классу бонитета второе место (Третьяков, 1937). Им предложен научно обоснованный и нетрудоемкий метод составления таблиц хода роста по типам леса. Этот метод (метод ЦНИИЛХ) получил широкое распространение (Кричун, 1971; Соколов, 1993; Лобанов, 1999).

Основная трудность в составлении ТХР по типологическому методу – наличие в пределах одного типа леса древостоев, принадлежащих к нескольким классам бонитета. Следует согласиться с мнением

А. В. Побединского, что разница в бонитетах одного и того же типа леса не может быть более одного-двух классов, но и она значительно осложняет группировку экспериментального материала (Побединский, 1976).

В. В. Загребев (1978) справедливо отмечает, что как тип леса, так и класс бонитета, взятые в отдельности, не могут являться единственной классификационной единицей при группировке экспериментальных материалов. Не случайно большинство исследователей при составлении ТХР по типам леса указывает, какому классу бонитета соответствуют возрастные ряды и наоборот – при группировке исходных материалов по бонитетам отмечают соответствующие им один или несколько типов леса (Никитин, 1966; Атрощенко, 1986; Казимиров, 1995). В специальной литературе высказывается мнение о необходимости более точной бонитировки лесных почв при изучении роста и продуктивности древостоев (Казимиров, 1995; Гурский, 1997).

На Урале первые ТХР разработаны по классам бонитета (Милованович, 1928). В последние годы большинство таблиц составляется по типам леса (Смолоногов, 1968; Соколов, 1970; Коростелев, 1978; Луганский, Нагимов, 1994; Лобанов, 1999).

На кафедре лесной таксации и лесоустройства Л. А. Лысовым составлены ТХР для березовых древостоев Среднего Урала (Лысов, 1984). В результате изучения и сравнения древесной продуктивности березовых древостоев Урала сделан следующий вывод: ход роста березняков разных типов леса, имеющих одинаковый бонитет, происходит по одному типу роста. Поэтому типы леса, имеющие один и тот же бонитет, можно объединить в один тип роста. В итоге все березняки Урала по ходу роста делятся на шесть групп типов роста (Лысов, 1984):

- 1-я – липняковая – I-II классов бонитета,
- 2-я – ягодниковая и разнотравная – II класса бонитета,
- 3-я – травяно-зеленомошная и брусничная – II-III классов бонитета,
- 4-я – крупнотравно-приручьевая – III класса бонитета,
- 5-я – мшисто-хвощовая и нагорная – VI класса бонитета,
- 6-я – сфагновая, травяно-болотная и высокогорная – V класса бонитета.

В последующем в метод ЦНИИЛХ были внесены существенные изменения и дополнения. Так, при подборе древостоев одного естественного ряда некоторые авторы предлагают использовать данные

анализа модельных деревьев (Мошкалева, 1957; Воропанов, 1970; Загреев, 1978). Другие исследователи (Лебков, 1965; Разин, 1977) считают, что естественные возрастные ряды можно получить только при разделении древостоев на классы по начальной густоте. В специальной литературе встречаются также указания на необходимость уменьшения допусков в варьировании признаков при группировке исходных материалов (Козловский, Павлов, 1967; Соколов, 1970). Многие исследователи отмечают, что используемые в лесоводственно-таксационных исследованиях методы подбора экспериментального материала для составления ТХР не гарантируют принадлежности древостоев к одному естественному гомогенному ряду (Разин, 1977; Кузьмичев, 1980; Лебков, 1992; и др.). Хотя теоретические работы, имевшие следствием способы построения естественных рядов, получали признание в качестве оригинальных методов построения упомянутых таблиц.

Во многих существующих ТХР древостои подразделяются на господствующую (основную) и подчиненную (вырубаемую) части. Таблицы, содержащие сведения и об основной, и о вырубаемой частях древостоя, называются полными, а таблицы только с данными об основной части – эскизами ТХР. Это разделение основано на субъективной оценке развития деревьев, поэтому не может считаться научным. Многие исследователи признают его излишним, усложняющим практическое применение таблиц (Никитин, 1966; Соколов, 1970).

В последние годы при изучении закономерностей роста древостоев, составлении многовариантных таблиц хода роста и других лесоводственно-таксационных нормативов очень широко стали применяться методы многомерного анализа. Как отмечает В.А. Усольцев, эти методы обеспечивают возможность содержательного анализа основополагающих закономерностей (Усольцев, 1988). При наличии данных, характеризующих ту или иную сторону продукционного процесса за длительный период, множественная регрессионная модель может дать достаточно надежный прогноз этого процесса (Розенберг, Феклистов, 1982).

Следует указать на два распространенных направления построения многофакторных моделей роста: в виде многочленов и по типу произведения чисел. Большинство исследователей отдают предпочтение первому направлению. Однако следует отметить, что при формировании моделей в виде многочлена на ограниченном объеме экспериментальных данных, значение одних факторов может завы-

шаться, а других, наоборот, занижаться. Не случайно в специальной литературе отмечается, что регрессионная модель устойчиво функционирует лишь при условии, когда фактические данные представлены в достаточном объеме и широком диапазоне варьирования каждой переменной при фиксированных значениях остальных (Никитин, Швиденко, 1978).

В связи с тем, что тип леса характеризуется большой вариабельностью производительности насаждений и практически не поддается формализации, при разработке многофакторных уравнений условия местопроизрастания оцениваются, как правило, с использованием классов бонитета. Причем, в последние годы в качестве единого масштаба оценки условий местопроизрастания широко используется значение средних (верхних) высот в определенном возрасте, как правило, в возрасте 50 или 100 лет (Кузьмичев, 1980; Усольцев, 1988; Казимиров, 1995; Гурский, 1997; и др.). Признается, что это наиболее информативная и удобная форма представления классов бонитета в уравнениях множественной регрессии. При этом оценка качества условий местопроизрастания осуществляется не указанием классов бонитета, а значительно точнее – по показателю высоты древостоев.

Следует выделить еще одно направление разработки моделей продуктивности древостоев – модели оптимальной густоты (полноты) древостоев. Поиск оптимальных параметров древостоев имеет основной целью совершенствование нормативной базы антропогенного воздействия на лес, в частности, рубок ухода. Поэтому почти все исследователи, занимающиеся теорией и практикой рубок ухода, в той или иной мере уделяют внимание вопросам определения оптимальной густоты и полноты древостоев. Сформировавшиеся к настоящему времени некоторые положения этого научного направления, на наш взгляд, являются общепризнанными и неоспоримыми. Прежде всего это касается тезиса, что параметры оптимальных насаждений должны дифференцироваться по географическим районам и условиям местопроизрастания. Убедителен также тезис о том, что критерий оптимальности густоты древостоев должен определяться их целевым назначением. Последний тезис согласуется с утверждением Н. П. Георгиевского, который подчеркивал, что никакой безотносительной оптимальности не существует, можно говорить об оптимальной густоте, обеспечивающей наибольшую приживаемость, наибольший средний диаметр, наибольший запас, высокую полндревесность и т.д. (Георгиевский, 1957).

К настоящему времени в нашей стране и за рубежом проделана огромная работа по вопросам оптимизации густоты и полноты древостоев и предложено множество методов и подходов к их решению. Особенно широкий размах получили исследования в этом направлении после того, как Ассманн установил, что максимальный текущий прирост связан с оптимальной суммой площадей сечений, зависящей от породы, возраста и условий местопроизрастания, и сформулировал понятие оптимальной, максимальной и критической полнот (Assmann, 1961).

Уже имеется достаточно много таблиц, показывающих оптимальную густоту и другие показатели древостоев на том или другом этапе их формирования. На наш взгляд, они не могут рассматриваться, как ТХР. Но это не снижает их ценности. Эти нормативы позволяют наиболее точно определить тип развития структуры древостоев под влиянием хозяйственных воздействий.

Безусловно, заслуживают внимания высказывания о необходимости разработки моделей, отражающих динамику всех продуктов и полезностей леса (Кузьмичев, 1980; Антанайтис, 1983; Усольцев, 1998; и др.). Такие таблицы эти исследователи хотели бы видеть прообразами лесотаксационных таблиц будущего, необходимых для разного рода экологических и лесоводственных расчетов. В настоящее время для различных регионов и древесных пород в нашей стране существует более двух десятков таблиц, в которых дополнительно отражена возрастная динамика надземной, а иногда и подземной фитомассы.

Фитомассу в настоящее время рассматривают как совокупность тел живых растений в сыром состоянии, характеризующуюся определенным весом, объемом, поверхностью, химизмом и калорийностью (Программа и методика ..., 1974). В ней результируется основная биогеоэкологическая деятельность лесных экосистем и характер обменных связей с другими компонентами биогеоценоза. Биогеоэкологическая роль, участие в процессах материально-энергетического обмена, наконец, физическая масса, экономическое значение, глубина переработки отдельных частей древесных растений далеко не равноценны. Поэтому практически во всех нормативах общая фитомасса дифференцируется на отдельные фракции: древесина ствола и ветвей, кора ствола и ветвей, хвоя (листва), генеративные органы и отмершие ветви (сучья).

Такие таблицы составляются с учетом типов леса (Иванчиков, 1974; Мамонов, 1991), классов бонитета (Казимиров, 1995), типов леса и полноты древостоев (Токмурзин, Нурпеисов, 1976; Усольцев, 1988), типов леса и возрастной структуры древостоев (Шахнович, 1982), классов бонитета и полноты (Соколов, 1970).

На Урале для некоторых типов леса разработаны таблицы надземной фитомассы древостоев, совмещенные с применяемыми в регионе ТХР: по сосне (Мельникова, 1993; Усольцев и др., 1994; Сальникова, 2005), ели (Усольцев и др., 1994; Тепикин, 1994) и березе (Сальников, 1997). Кроме этого для сосняков составлены ТХР с данными надземной фитомассы древостоев по классам бонитета и густоты (Нагимов, 2000).

В целом, анализируя этапы и основные направления исследований хода роста древостоев, можно сделать следующие выводы (Нагимов и др., 2003):

1. В условиях интенсификации лесохозяйственного производства, изменения и расширения его целей большое значение приобретают выявление закономерностей роста и продуктивности древостоев под влиянием комплекса почвенно- климатических и ценологических условий (внешних и внутренних факторов) и разработка на этой основе более точной и информативной нормативной базы лесосчетных и лесохозяйственных работ. Большинство применяемых в настоящее время таблиц хода роста, будучи составлены на экспериментальном материале однократных измерений параметров древостоев, не отражают фактического хода роста древостоев и показывают их производительность лишь в статике. Практически отсутствуют модели, показывающие возрастную и эколого- ценологическую динамику всех фракций фитомассы древостоев. Именно они, учитывая их многофункциональную направленность, могут рассматриваться прообразом лесотаксационных нормативов будущего.

2. Влияние климатических условий на рост и продуктивность древостоев достаточно полно и объективно оценивается на основе исследований, дифференцированных по однородным лесорастительным районам. Сопоставление результатов, полученных по отдельным районам с оценкой достоверности различий в росте древостоев, позволяет при принятом уровне допустимых ошибок установить область применения разрабатываемых нормативов.

3. Влияние эдафических условий на рост и развитие древостоев в пределах однородных в климатическом отношении районов можно оценивать, проводя исследования с учетом типов леса и классов бонитета. Выбор классификационной основы «типы леса или классы бонитета» должен определяться целями и методами исследований. При изучении биологических закономерностей в лесу, выявлении зональных особенностей роста древостоев, составлении лесохозяйственных нормативов предпочтителен тип леса, а при разработке оценочных таблиц и моделей роста и продуктивности древостоев на основе системного подхода - класс бонитета. Причем, когда в качестве классификационной единицы используется тип леса, следует указать соответствующий ему класс бонитета и, наоборот, при группировке исходных материалов по бонитетам - соответствующий им тип леса.

4. Из ценотических (внутренних) факторов наиболее важным и информативным, определяющим степень заполненности пространства деревьями, а, следовательно, и интенсивность конкурентных взаимоотношений между ними, является густота древостоев. Полнота древостоев, используемая многими исследователями в качестве ценотического фактора, является комплексным показателем, который может быть одинаковым при разных сочетаниях числа стволов и среднего диаметра. Поэтому внутренние факторы, связанные с взаимовлиянием деревьев, лучше отражает густота, а не полнота древостоев.

5. Многие вопросы, связанные с закономерностями формирования фитомассы деревьев и древостоев, в настоящее время остаются не изученными, так как большинство исследований фитомассы древостоев имело сугубо ресурсоведческую ориентацию или являлось составной частью других исследований в лесу. В то же время механизмы совокупного воздействия и функциональная роль эколого-ценотических факторов в процессах роста и развития насаждений более полно могут быть раскрыты на основе самостоятельных, углубленных исследований всей фитомассы деревьев и древостоев, которые позволяют в однородных единицах производить количественный учет их продукционной деятельности в полном объеме.

6. Повышение эффективности антропогенного управления параметрами древостоев требует разработки нормативов, позволяющих контролировать не только процесс рубок ухода, но и последующий ход формирования насаждений. Такими нормативами могут служить таблицы оптимальной структуры древостоев, составленные на регионально-типологической основе с учетом категорий защитности лесов.

Глава 2

МЕТОДЫ СОСТАВЛЕНИЯ ТАБЛИЦ ХОДА РОСТА НАСАЖДЕНИЙ

В таксации леса существует ряд методов составления таблиц хода роста, различающихся по длительности периода наблюдений, трудоемкости работ, отражению общих и местных особенностей роста и развития насаждений. Под методом составления ТХР понимается такая научная разработка, которая оригинально решает вопросы подбора насаждений для составления таблиц и установления принадлежности их к одному естественному ряду или создания шкалы классов производительности (Третьяков и др., 1952).

Работы по составлению таблиц хода роста делятся на следующие большие группы:

- подготовительные, включающие выбор объекта исследования и методики составления ТХР, а также определение оптимального объема исходных данных;
- полевые, в ходе которых определяются типичные для региона исследований насаждения и производится закладка пробных площадей;
- камеральные, т.е. собственно составление новых таблиц хода роста в результате обработки таксационных данных пробных площадей, проверка точности полученных таблиц и их исправление в случае необходимости.

Источниками информации для составления таблиц являются данные (Нагимов и др., 2003):

- постоянных пробных площадей;
- временных пробных площадей;
- данные однократных и непрерывных инвентаризаций лесного фонда.

2.1. Исторический метод составления ТХР

Это самый простой в исполнении, но самый длительный по времени, метод для составления таблиц хода роста. Он позволяет получить достоверные данные по ходу роста и производительности насаждения. Еще этот метод носит название метода стационарных наблюдений.

В характерном для региона исследований молодом насаждении (соответствующего типа леса, класса бонитета и т.п.) закладывается постоянная пробная площадь, на которой через каждые 5-10 лет проводятся повторные измерения таксационных показателей древостоя и отпада в течение всей жизни насаждения.

Для подстраховки на случай стихийных бедствий, болезней и т.п. в одних и тех же условиях местопроизрастания и категориях древостоев закладывают несколько ППП. Средние величины из результатов наблюдений на этих пробных площадях являются исходными данными для составления ТХР для определенных условий местопроизрастания.

Значения таксационных показателей насаждения по десятилетиям возраста определяются графическим путем: по оси абсцисс откладывается возраст насаждений, а по оси ординат – соответствующие таксационные показатели (высота, диаметр и т.п.).

Положительной стороной метода считается то, что он является наиболее точным. Он позволяет получить полную информацию о росте древостоев, включая динамику отпада и общей продуктивности. Длительные опыты на ППП имеют большое научное и практическое значение.

Недостатком метода является необходимость длительного периода наблюдения (150-200 лет), с чем связана большая трудоемкость работ, невозможность охвата наблюдениями всех интересующих лесное хозяйство категорий древостоев (вариантов) и как следствие - отсутствие системы рядов классов производительности (Нагимов и др., 2003).

2.2. Метод указательных насаждений (аналитический) Гартинга

Метод разработан тремя поколениями лесоводов Гартингов в Германии в XIX веке и детализирован А.В. Тюриным (Верхунов, Черных, 2009). Основан на однократной таксации нескольких древостоев различных по возрасту. Этот метод называется аналитическим потому, что выбор насаждений, имеющих сходство в динамике роста, производят по данным анализа стволов (Анучин, 1982). Насаждения выбирают в одинаковых условиях местопроизрастания, чистые по составу, средние для данного бонитета, одновозрастные, одинакового происхождения с относительной полнотой 1,0. Каждое из этих насаждений должно представлять собой звено одного естественного ряда.

Наиболее старое насаждение по своему росту и развитию в соответствующем возрасте должно быть таким, как и более молодое насаждение в этом же возрасте. В то же время молодые насаждения в возрасте 20, 30, 40, лет и т.д. должны представлять отдельные стадии развития, пройденные более старыми насаждениями. Поэтому наиболее старое насаждение, указывающее характер последующего развития более молодых насаждений, называется указательным (отсюда и название метода) (Нагимов и др., 2003).

Принадлежность древостоев к одному естественному ряду устанавливают по данным анализа хода роста стволов модельных деревьев. На пробной площади обмеряют 2-3 модельных дерева из числа наиболее крупных (крупные деревья сохраняют свой ранг с изменением возраста). Насаждения считают принадлежащими к одному естественному ряду, если в них наиболее крупные деревья в одинаковом возрасте имели близкую высоту (рис. 1).

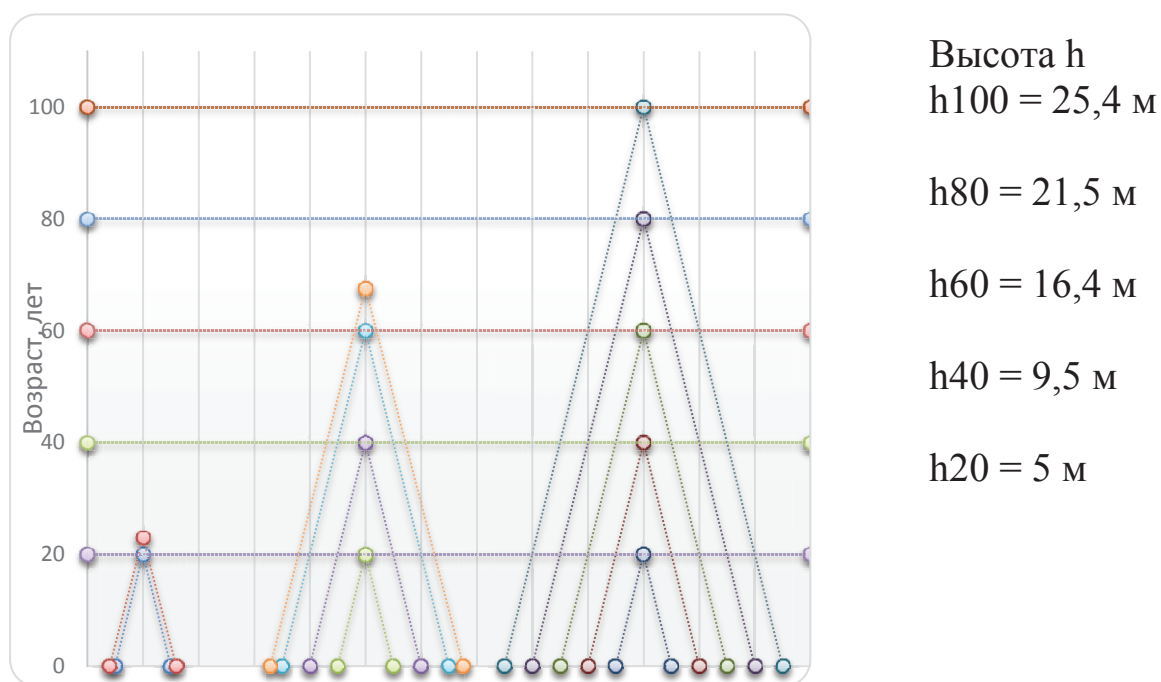


Рис. 1. Схема определения принадлежности насаждений к одному естественному ряду (h_i – высота дерева (м) в определенном возрасте, лет)

Для насаждений одного естественного ряда определяют все таксационные показатели. Полученный последовательный ряд данных характеризует динамику таксационных показателей древостоев одной

линии роста, начиная с самого молодого и кончая указательным. На основе выравнивания (графического или аналитического) и взаимной увязки исходных данных составляются ТХР.

С целью повышения точности работ в каждом возрасте закладывают по 2-3 пробные площади. Общий объем экспериментального материала для получения ТХР одного ряда развития составляет 20-30 пробных площадей, на каждой из которых измеряются до 20 – 25 модельных деревьев.

В то же время метод имеет ряд недостатков:

- а) трудность выбора среднего для данного класса бонитета и условий местопроизрастания указательного насаждения;
- б) возможность возникновения ошибок за счет неправильного отбора модельных деревьев для анализа хода роста;
- в) отсутствие объективных критериев для подбора пробных площадей одного ряда развития по густоте, полноте, запасу и т.п.

Несмотря на указанные недостатки данный метод среди методов, основанных на однократных обмерах древостоев, по мнению большинства исследователей, более выдержан методически (Нагимов и др., 2003).

2.3. Метод полосок (статистический) Баура

Был предложен в 1881 году немецким лесоводом Бауром. При применении этого метода собираются массовые материалы пробных площадей на основе разовых обмеров деревьев в нормальных древостоях, различных по возрасту и производительности.

На первом этапе производится разделение пробных площадей по классам бонитета. На графике по оси абсцисс откладывают возраст насаждений, а по оси ординат – соответствующие им запасы. Пространство, занятое на графике точками (поле рассеивания), ограничивают сверху и снизу плавными кривыми линиями. Затем ограничиваемую кривыми площадь делят на равные части по числу классов бонитета. В результате график получается разделенным на полоски (отсюда название метода).

Каждая такая полоска характеризует возрастную динамику запасов соответствующего класса бонитета. По середине каждой полоски проводят среднюю кривую запасов. Разница в 100 м^3 считается достаточной для выделения одного бонитета.

Отдельно для каждого класса бонитета с усредненных кривых снимают по десятилетиям возраста значения запасов для таблицы хода роста.

Затем для каждого класса бонитета подобным графическим способом определяют все остальные таксационные показатели.

Основным показателем для определения класса бонитета является соотношение средней высоты и возраста насаждений (рис. 2). Поэтому при этом методе целесообразно классификацию насаждений пробных площадей проводить не по запасам, а по средней высоте. В этом случае составление таблиц следует начинать с построения графика высот. Средние значения всех остальных таксационных показателей по десятилетиям возраста определяются также графическим путем.

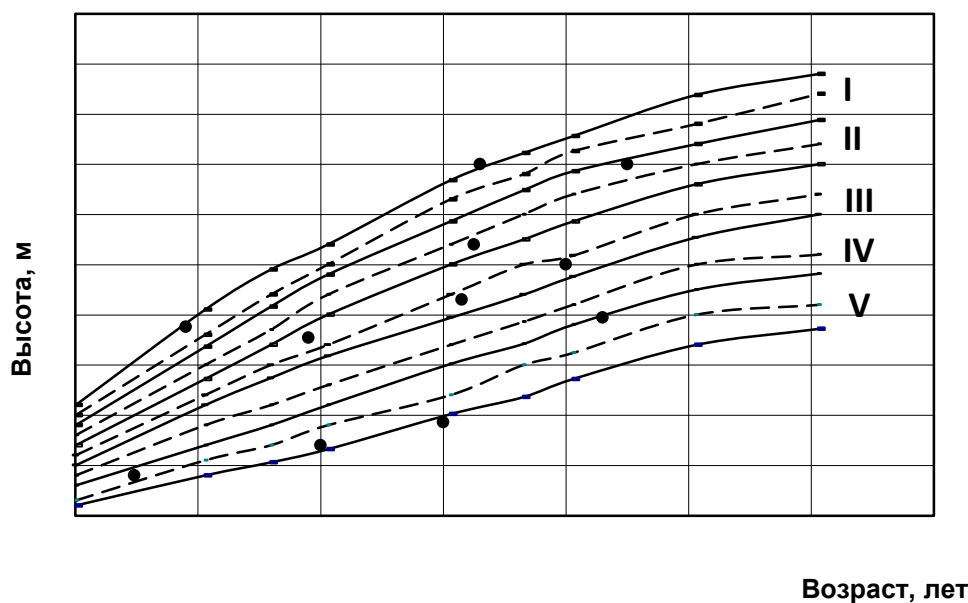


Рис. 2. Распределение пробных площадей по классам бонитета (на основании соотношения средней высоты и возраста древостоев)

Недостатками этого метода составления таблиц хода роста являются:

а) трудность проведения ограничивающих кривых из-за малого количества крайних точек и неравномерного их распределения по возрастам. Малейшая ошибка в проведении крайних кривых механически распространяется на средние кривые;

- б) отсутствие придержек для контроля принадлежности древостоев пробных площадей к одному естественному ряду роста и развития;
- в) необходимость сбора значительного объема экспериментального материала.

Несмотря на отмеченные недостатки метод Баура является одним из базовых при разработке новых методов составления ТХР. Построение взаимосвязанных систем рядов производительности (классов бонитета) может быть осуществлено только на статистической основе. С точки зрения теории вероятностей, результаты, полученные по крайним единичным вариантам, нельзя признать надежными, они могут исказить свойства генеральной совокупности. В этом плане заслуживает внимание подход (его можно рассматривать как разновидность рассматриваемого метода), когда при установлении хода роста по высоте решающее значение придается кривой, характеризующей ход роста среднего класса бонитета. Эта кривая будет характеризовать наиболее вероятную динамику изменения высоты древостоев с возрастом, так как при его построении используется полный объем экспериментального материала.

2.4. Метод повторных пересчетов (комбинированный) Гейера

Метод был предложен в 1857 году Гейером. Периодически повторяющиеся (через 5-летний или более короткий срок) наблюдения ограничиваются возрастным периодом в 10-20 лет, при этом они осуществляются сразу в нескольких древостоях разного возраста, относящихся к одному естественному ряду.

Значения таксационных показателей наносят на график в зависимости от возраста. В результате получают систему ломаных линий, каждая из которых характеризует изменение таксационного показателя за изучаемый (10-20 лет) период. Через систему этих ломаных кривых проводят обобщающую линию, которая характеризует возрастную динамику данного показателя (рис. 3).

Достоинством метода является простота составления таблиц хода роста, а недостатки заключаются в отсутствии надежной методической основы для подбора древостоев одного естественного ряда (подбор решается путем выявления сходства в общей таксационной характеристике древостоев и линий динамики высот); отсутствии системы рядов-классов производительности и большой длительности наблюдений 10-20 лет.

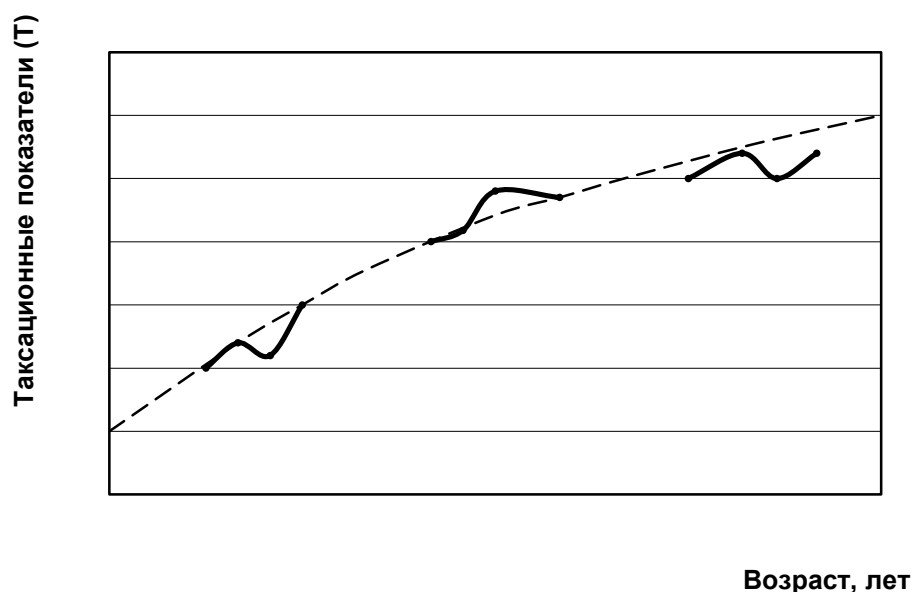


Рис. 3. Выравнивание таксационных показателей (Т) древостоев в зависимости от их возраста (А) по методу Гейера

2.5. Типологический метод

Разработан финским ученым Ильвессало в 1927 г. При этом методе сначала определяют наиболее типичные для региона исследований типы леса. Типы леса выделяют по общности почвенно-грунтовых условий и напочвенного покрова. Для каждого типа леса закладывают несколько пробных площадей, характеризующих насаждения разных возрастов. Чтобы насаждения относились к одному естественному ряду роста и развития, пробные площади в старых насаждениях должны иметь таксационные показатели, которых через определенный период достигнут более молодые насаждения. Данные пробных площадей одного естественного ряда используют для получения возрастной динамики таксационных показателей. При этом могут использоваться как графические, так и аналитические построения.

Недостатками метода являются:

- а) отсутствие строгой системы классов производительности;
- б) насаждения с одинаковым напочвенным покровом в разных природных зонах могут принадлежать к разным естественным рядам;
- в) в молодых древостоях типы леса по напочвенному покрову могут быть определены неверно, так как типичный для данных условий роста живой напочвенный покров складывается обычно в

среднем возрасте насаждений. Это же относится и к лесным культурам, при создании которых нарушается стандартный ход развития элементов напочвенного покрова.

2.6. Метод ЦНИИЛХ

Разработан в 1937 году в Ленинградском научно-исследовательском институте лесного хозяйства (сейчас – Центральный научно-исследовательский институт лесного хозяйства ЦНИИЛХ) Н.В. Третьяковым, П.Н. Курбатским и Г.А. Макеевым. В основе метода лежит сбор экспериментального материала по типам леса. Для каждого типа леса закладывают в среднем по 12 пробных площадей (10-15) в насаждениях разных классов возраста.

Принадлежность древостоев пробных площадей к одному естественному ряду проверяют по линейным уравнениям связи вида:

$$Ah = a A + b \text{ – график высот,} \quad (1)$$

$$Ad = a A + b \text{ – график диаметров,} \quad (2)$$

$$q_2h = a h + b \text{ – график коэффициентов формы.} \quad (3)$$

Данные пробных площадей наносятся на графики. По оси абсцисс откладываются возрасты (A), а по оси ординат – в первом случае произведение возраста на высоту; во втором – произведение возраста на диаметр. На третьем графике на оси абсцисс откладываются средние высоты, а на оси ординат – произведение их на соответствующие коэффициенты формы q_2 .

Выравнивание экспериментальных данных древостоев пробных площадей высотой менее 14 м производится графически, а насаждений с большей высотой – аналитически (по прямой). Точки, характеризующие насаждения одного типа леса, на графиках располагаются, как правило, узкой полосой, что позволяет достаточно надежно провести обобщающую прямую линию по всем трем показателям.

Пробные площади, показатели которых отклоняются от средней линии больше чем на 10 % по высоте, 15 % по диаметру, 6 % по коэффициенту формы, признаются не относящимися к исследуемому естественному ряду и из дальнейшей обработки исключаются. Данные отобранных таким путем пробных площадей служат для построения ТХР.

К достоинствам метода следует отнести его простоту и относительно невысокую трудоемкость.

Недостатки метода:

а) нормативы для отнесения насаждений к одному естественному ряду имеют широкие пределы, поэтому в одну категорию могут быть объединены насаждения, заметно различающиеся по ходу роста и относящиеся к разным типам леса;

б) применение нормативов при браковке материала снижает значимость экологической основы (допускается, что тип леса по почвенному покрову устанавливать ненадежно); нет увязки между собой хода роста древостоев разных типов леса.

В настоящее время метод ЦНИИЛХ является общепризнанным при изучении динамики роста насаждений и опирается на современные аналитические приемы обработки исходного материала на ЭВМ (Верхунов, Черных, 1982). При этом были предложены следующие рекомендации по его усовершенствованию:

а) необходимо сузить нормативы отбраковки экспериментальных материалов;

б) при определении принадлежности древостоев к одному естественному ряду следует сочетать способ прямых линий с анализом хода роста стволов модельных деревьев, «...позволяющего сравнивать развитие и рост насаждений, начиная с их возникновения и кончая временем исследования хода роста этих насаждений» (Анучин, 1982).

2.7. Метод Корсуня

Для построения таблиц хода роста по методу Корсуня требуется закладка большого числа пробных площадей в высокополнотных одновозрастных древостоях. Таксационные показатели древостоев пробных площадей вычисляются на основе одноразовых обмеров. Вначале исследуемые насаждения распределяются по классам бонитета на основе соотношения средних высот и возрастов. Затем по материалам пробных площадей строится график зависимости высот от возрастов древостоев. Область распределения точек на графике сверху и снизу ограничивается двумя кривыми линиями. В пределах классов возраста вычисляют общие средние высоты, которые затем выравнивают по формуле

$$y = \frac{x^2}{a + bx + cx^2}, \quad (4)$$

где x – средний возраст древостоев,
 y – средняя высота древостоев.

Высоты, вычисленные по этой формуле, считаются высотами III класса бонитета. Кривая, ограничивающая площадь графика сверху, принимается за линию высот I класса бонитета, а соответствующая нижняя кривая – за линию V класса бонитета. Их получают путем трансформации по образу кривой для III класса бонитета.

Значения высот промежуточных классов бонитета (II и IV) вычисляются интерполяцией.

Дополнительно надежность кривых высот I, II, IV и V классов бонитета проверяется на основе текущих приростов по высоте. В качестве образца служит прирост III класса бонитета, который выражается первой производной приведенной выше формулы.

Значения среднего диаметра для III класса бонитета вычисляются также по приведенной формуле. Для определения сумм площадей сечений и запасов используется уравнение

$$y = ax^{b+c \log x},$$

где y – запас или сумма площадей сечений древостоев на 1 га,
 x – их возраст, уменьшенный на число лет, необходимое для достижения высоты 1,3 м.

Текущий прирост по запасу древостоев III класса бонитета вычисляется как первая производная уравнения запаса.

Для остальных классов бонитета значения диаметров, сумм площадей сечений и запасов получают графическим способом, опираясь на базовые кривые III класса бонитета и пользуясь при этом соответствующими текущими приростами.

Число деревьев основной части древостоя в соответствующем возрасте вычисляется путем деления выравненной суммы площадей сечений на площадь сечения среднего дерева. Число деревьев подчиненной части определяется как разница значений количества деревьев основной части двух соседних возрастов в таблице хода роста.

Корсунь считает число деревьев самым ненадежным таксационным показателем, зависящим от множества факторов (условий роста, интенсивности рубок ухода и т.д.) и рекомендует находить его при составлении ТХР через другие таксационные показатели.

К достоинству метода можно отнести применение оригинальных выравнивающих функций и статистический прием получения базовой кривой.

Недостатки метода:

а) способ получения крайних кривых по образцу средней применим только для древесных пород с пропорциональным приростом по высоте;

б) необходимость обработки большого объема экспериментального материала.

2.8. Метод Н. П. Анучина

Метод составления таблиц хода роста Н. П. Анучина использует в качестве основы производственные материалы – таблицы классов возраста и таксационные описания. Это позволяет на основе массовых наблюдений в натуре выводить средние значения для устранения возможных ошибок за счет выбора случайных вариантов при закладке пробных площадей.

На основе итогов таблиц классов возраста для каждого бонитета в пределах классов возраста выводятся средняя полнота и средний запас древостоев. По таксационным описаниям насаждений, на материале которых выводились эти средние величины, определяются средние значения диаметра, высоты и состава. В итоге такой статистической обработки в пределах классов бонитета в каждом классе возраста по большинству показателей, входящих в ТХР, получают средние арифметические значения этих показателей, их среднеквадратические отклонения и ошибки.

На основе графического или аналитического выравнивания соответствующих данных в зависимости от возраста получают ряды возрастной динамики таксационных показателей (состава, высоты, диаметра, полноты, запаса и т.п.) наиболее распространенных (модальных) древостоев определенного класса бонитета (типа леса).

С целью приведения полученных данных к нормальной полноте 1,0, значения сумм площадей сечений и запасов необходимо (в зависимости от заданного уровня вероятности) увеличить на двойную или тройную величину их среднеквадратического отклонения:

$$\Sigma G + 3\sigma_{\Sigma G}; \quad (5)$$

$$M + 3\sigma_M. \quad (6)$$

Согласно закону нормального распределения представленность насаждений, отличающихся по запасу и полноте от средних значений этих показателей на величину от 2 до 3σ , составляет в природе не более 2,5 %. Следовательно, ими можно пренебречь. Тогда насаждениями нормальной полноты можно считать такие, у которых запас и полнота выше средних значений на величину $+2\sigma$.

К достоинствам метода относятся:

а) предельная простота, не требующая полевых работ и сложных камеральных расчетов;

б) использование массового материала и статистического приема его обработки.

Недостатки метода Н. П. Анучина:

а) нет отбора насаждений для построения естественных рядов развития, поэтому полученные таблицы не отражают биологический процесс роста древостоев, а характеризуют лишь динамику их средних таксационных показателей во времени;

б) попытка устранить этот недостаток приведением запаса и полноты к нормальным значениям этих показателей путем внесения поправок не дает желаемого результата, так как поправки не могут быть внесены в отношении таких показателей, как диаметр, высота, видовое число, а в связи с тем, что в древостое они все взаимосвязаны, то изменение любого из них отражается на всей системе в целом.

2.9. Метод ВНИИЛМ подбора типов роста древостоев

Разработан в 1969–1978 гг. В. В. Загреевым и его сотрудниками в Всероссийском научно-исследовательском институте лесоводства и механизации лесного хозяйства (ВНИИЛМ). Метод базируется на использовании системы типовых моделей роста, которые построены на основе выявленных (в том числе по существующим ТХР) общих закономерностей динамики древостоев по основным таксационным показателям.

На основе 400 местных таблиц хода роста для разных древесных пород и условий местопроизрастания были получены типовые линии роста по высоте, диаметру, видовому числу, абсолютной полноте и запасу в разрезе десятилетий возраста. Эти таксационные показатели представлены в виде редуционных чисел или индексов от базового возраста 100 лет – для хвойных и твердолиственных и 50 лет – для мягколиственных пород.

Соответственно, по данной методике под типом роста понимается числовой показатель, характеризующий траекторию кривой динамики средних таксационных показателей древостоя с возрастом (Верхунов, Черных, 2009).

Стандартизованные модели роста получают умножением абсолютных значений таксационных показателей в базовом возрасте на их редуccionные числа в других возрастах древостоя.

Классификационным признаком ТХР могут быть тип леса или класс бонитета. Подбор пробных площадей одного естественного ряда развития осуществляется по методу указательных насаждений и только в трех опорных возрастах: начале, середине и в конце исследуемого ряда (для хвойных и твердолиственных – 50, 100 и 150 лет; мягколиственных – 20, 50 и 80 лет). Определение значений таксационных показателей промежуточных звеньев ряда производится с помощью системы типовых моделей роста (индексов).

Принадлежность самих указательных древостоев к исследуемому естественному ряду устанавливается путем тщательной оценки всех основных таксационных показателей, которые должны удовлетворять следующим требованиям:

- а) возраст – самый старший в ряду;
- б) тип леса (класс бонитета) должен строго соответствовать заданному в качестве классификационного признака типу леса (классу бонитета);
- в) параметры других важнейших таксационных показателей должны быть близкими к их средним значениям для исследуемой категории древостоев в возрасте указательного насаждения.

При составлении ТХР модальных древостоев средние значения таксационных показателей определяются по таблицам классов возраста, а при составлении ТХР нормальных древостоев правильность выбора указательных насаждений контролируется по показателю $D_{\text{ср}}/H_{\text{ср}}$ (критерию нормальности по густоте) и эталонным значениям абсолютной полноты, видовых высот и запасов из стандартных таблиц сумм площадей сечений и запасов при полноте 1,0.

Подбор опытных древостоев в двух других опорных возрастах производится по сходству типов леса и значений верхней высоты и диаметра с данными анализа модельных деревьев указательных древостоев.

Объем экспериментального материала, необходимый для составления ТХР одного естественного ряда, приведен в табл. 1.

Таблица 1

Объем экспериментальных данных для составления таблиц
хода роста насаждений по методу ВНИИЛМ

Опытный материал	Положение опорного возраста в ряду		
	начало	середина	конец
Пробные площади, шт.	5	3	2
Число деревьев на пробной площади, шт.	400	200	150
Число модельных деревьев на пробной площади, шт.	25	20	15
в том числе на анализ ствола, шт.	-	-	2-4

Модельные деревья на анализ ствола отбираются из числа наиболее крупных (80-90 рангов), а для оценки таксационных показателей древостоев пробных площадей – методом пропорционального ступенчатого представительства.

Основным материалом для построения ТХР являются средние для каждого опорного возраста значения основных таксационных показателей: высоты, диаметра, видового числа суммы площадей сечений и текущего прироста по запасу. Остальные показатели являются их производными и определяются расчетным путем.

По каждому из основных таксационных показателей подбирается типовая линия хода роста. Это делается либо сравнением табличных и опытных данных в опорных возрастах (графически), либо путем вычисления и сравнения числовых показателей K , характеризующих тип кривой хода роста:

$$K_T = \frac{T_3 - T_1}{T_2}, \quad (7)$$

где T_1 , T_2 и T_3 – значения таксационного показателя соответственно в начале, середине и конце ряда.

Путем сравнения полученного по этой формуле коэффициента с коэффициентами, вычисленными по данным таблицы типовых моделей роста, устанавливается соответствие экспериментального ряда определенному типу роста. Умножением средних значений таксационных показателей 100-летнего древостоя на индексы этих показателей соответствующего типа роста (которые приведены по десятилетиям возраста в специальных таблицах) получают ход роста древостоя для всего возрастного интервала.

Составленные таким путем ТХР характеризует две выделяемые в лесу части насаждения: растущую и отпад. Общая производительность определяется через показатели текущего прироста по запасу.

К достоинствам метода следует отнести:

- а) малый объем полевых работ (трудозатраты снижаются в 2–3 раза по сравнению с другими методами);
- б) достаточно высокую точность результатов.

2.10. Метод составления всеобщих ТХР А. В. Тюрина

За период 1912–1930 гг. А. В. Тюрин составил всеобщие таблицы хода роста насаждений на основе имеющихся местных ТХР для различных пород и условий местопроизрастания.

Основной предпосылкой послужил тезис, что нормальные чистые одновозрастные насаждения, имеющие в одинаковом возрасте одинаковые средние высоты, имели одинаковый рост в прошлом и будут иметь одинаковый рост в будущем, независимо от региона произрастания.

На основании этой закономерности А. В. Тюриным были составлены по классам бонитета ТХР чистых одновозрастных нормальных насаждений сосны, ели, березы, осины и ольхи черной с разделением древесного полога на главную (оставляемую) и подчиненную (выбираемую) части.

Из местных ТХР получали средние значения высоты, диаметра, запаса и других показателей древостоя по классам бонитета и возраста. Затем производилось их графическое и аналитическое выравнивание. Например, для древостоев сосны разных классов бонитета использовали значения коэффициента формы q_2 , приведенные в табл. 2.

Таблица 2

Средние значения коэффициента формы q_2 для сосновых насаждений в разрезе классов бонитета по методу составления всеобщих таблиц А. В. Тюриным

Класс бонитета	Ia	I	II	III	IV	V	Va
q_2	0,65	0,66	0,68	0,69	0,70	0,71	0,72

Видовые числа были рассчитаны в разрезе 10-летних периодов по формуле Шиффеля:

$$f = 0,896 q_2 - 0,160 + \frac{0,34}{q_2 H}. \quad (8)$$

Число стволов и запас подчиненной (выбираемой) части определялись как разность между общей густотой или общим запасом и числом стволов или запасом растущей части. При этом вся подчиненная часть считалась отпадом, что было опровергнуто последующими исследованиями (Верхунов, Черных, 2009).

Средний и текущий приросты рассчитывались по общепризнанным формулам.

Недостатки метода А. В. Тюрина:

- а) полученные ТХР показывают состояние древостоя в статике;
- б) не было проведено анализа исходных данных на гомогенность;
- в) ТХР не показывают региональные особенности роста и развития древостоев.

2.11. Метод Г. С. Разина

В методе составления ТХР Г. С. Разина учитывается несколько вариантов изменения таксационных показателей древостоев с возрастом в зависимости от густоты их произрастания.

Метод основан на использовании индикаторов по первоначальной густоте при разделении совокупности древостоев на классы по густоте (Нагимов, 1999). В качестве индикатора предлагается использовать средний диаметр древостоев.

При сборе экспериментального материала за основу берется тип условий местопроизрастания (ТУМ). Допускается, что в пределах одного ТУМ могут встречаться несколько типов леса (древостои одного или нескольких классов бонитета). Значения таксационных показателей изучаемых древостоев по возрасту, густоте, сомкнутости полога, полноте, средней высоте, среднему диаметру стволов и крон и т.д. должны охватывать весь диапазон варьирования – от минимальных значений показателей до максимальных. Оптимальное число пробных площадей определяется из необходимости обеспечения двух–трехкратной повторности в каждом классе возраста в пределах устанавливаемых разрядов густоты.

Работа по составлению ТХР начинается с определения принадлежности древостоев к одному ТУМ. Для этой цели составляется график зависимости видовой высоты от возраста древостоя. На основе полученных точек проводится выравнивающая средняя линия данной зависимости и две линии, ограничивающие область нормативного отклонения (для молодняков $\pm 15\%$, для средневозрастных насаждений $\pm 10\%$, для приспевающих и старше $\pm 7\%$).

После этой процедуры производится разделение совокупности древостоев на классы по начальной густоте. Для этого строится график зависимости среднего диаметра древостоя от возраста (рис. 4).

На графике вся плоскость – область значений диаметров – ограничивается крайними линиями, проходящими через минимальные и максимальные значения диаметров. Эта плоскость делится на пять одинаковых по ширине полосок. Каждая такая полоска представляет собой возрастной ряд варьирующих значений диаметров древостоев, относящихся к одному классу начальной густоты. В один класс объединяются древостои одинакового возраста, отличающиеся по диаметру до 4—5% от среднего значения для группы. Таким образом, вся совокупность древостоев делится на следующие классы по начальной густоте: 1 – очень густые; 2 – густые; 3 – средней густоты; 4 – редкие; 5 – очень редкие.

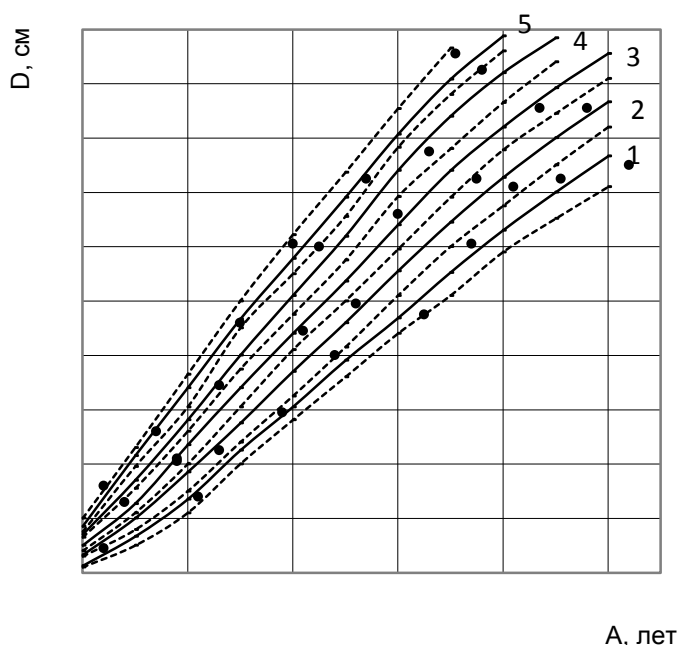


Рис. 4. Зависимость среднего диаметра древостоев (D) от возраста (A) и первичной густоты: 1 – очень густые; 2 – густые; 3 – средней густоты; 4 – редкие; 5 – очень редкие

Древостои пробных площадей, оказавшиеся пределах отдельных полосок, представляют собой определенный «естественный гомогенный» динамический ряд. Для них находятся средние значения таксационных показателей по десятилетиям возраста графическим или аналитическим путем.

В первую очередь определяются средние диаметры древостоев различной начальной густоты. Для этого на ранее построенном графике по середине полосок проводятся плавные линии, с которых затем снимаются диаметры по десятилетиям возраста.

Далее, для каждого класса начальной частоты по данным тех пробных площадей, которые попадают в соответствующие группы, строятся графики зависимости высоты, видовой высоты и густоты древостоев от их возраста. С этих графиков берутся соответствующие отчеты по десятилетиям возраста. Затем определяется количество деревьев, идущих в отпад по десятилетиям возраста, как разница числа деревьев в соседних десятилетиях. Средний объем отпавших деревьев определяется по материалам пробных площадей. После этого вычисляются остальные производные показатели для всех классов начальной густоты по общеизвестным формулам.

Недостатки метода:

1. Использование только одного показателя в качестве индикатора начальной густоты в некоторых случаях может привести к серьезным ошибкам.

2. Точность составления ТХР зависит от представленности древостоев – числа наблюдений, приходящихся на каждую категорию древостоев по возрасту и густоте.

2.12. Метод В. Ф. Лебкова

Таблицы хода роста, составленные по методу В. Ф. Лебкова, как и в предыдущем методе, содержат варианты роста древостоев в зависимости от густоты их произрастания.

Составлению ТХР предшествует разработка шкалы разрядов густоты, которая представляет собой графическое изображение закономерной связи среднего диаметра древостоев с текущей густотой. График строится по данным ТХР и повторных переучетов на пробных площадях из работ различных исследователей (рис. 4).

По соотношению густоты и диаметра древостои на графике делятся на пять разрядов густоты: 1-й – очень густые; 2-й – густые; 3-й – средней густоты; 4-й – редкие; 5-й – очень редкие. По мнению В. Ф. Лебкова, шкала разрядов густоты позволяет оценить понятие «густой» и «редкий» лес и вводит единый критерий для определения густоты. Он считает, что насаждения на протяжении всей жизни относятся к одному разряду густоты.

Главное практическое значение шкалы разрядов густоты состоит в том, чтобы по принадлежности древостоя к тому или иному разряду и известной возрастной динамике среднего диаметра определить изменение густоты в прошлом и предвидеть его в будущем.

По таксационным описаниям определяется средний диаметр и полнота древостоев по классам возраста. Для каждого класса возраста закладываются 2–3 пробных площади с нужным средним диаметром древостоя. По этим данным определяется разряд густоты на основе шкалы. На пробных площадях берут 20–25 модельных деревьев (в том числе 5–6 из самых толстых ступеней) для анализа хода роста ствола.

Затем на график наносятся данные о ходе роста всех модельных деревьев по диаметру. Верхняя граница кривых является максимальным диаметром древостоя для любого из прошедших десятилетий, поскольку отпад идет в основном из низших ступеней толщины. По величинам максимального диаметра восстанавливается картина изменения среднего диаметра в древостое (без коры) за прошлый период. По графику высот для каждого прошлого десятилетия через средний диаметр определяется средняя высота, а через среднюю высоту – среднее видовое число.

После этого данные по всем пробным площадям (средние диаметры, высоты и видовые числа) наносятся на один график, объединяются и выравниваются в зависимости от возраста. По выровненному значению среднего диаметра в 3–4 возрастных группах подбираются 2–3 древостоя, в которых закладываются пробные площади без рубки модельных деревьев для определения динамики густоты древостоев. Число стволов в том или ином возрасте можно определить по шкале разрядов густоты применительно к среднему диаметру.

Недостатки метода:

а) шкала разрядов густоты не может быть всеобщей, так как ход самоизреживания древостоев и ход их роста зависят от многих факторов, в частности, от лесорастительной зоны;

б) по данным постоянных пробных площадей при одном и том же среднем диаметре вначале текущая густота выше в насаждениях с более высокой первоначальной густотой, впоследствии же получается наоборот – насаждения наиболее густые (при данном среднем диаметре) становятся с меньшей густотой.

Таким образом, линии связи среднего диаметра и числа стволов с увеличением диаметра сходятся и пересекаются.

2.13. Метод кафедры лесной таксации и лесоустройства УГЛТУ

Разработан З. Я. Нагимовым. Экспериментальный материал собирается по типам леса. Принадлежность древостоев пробных площадей к одному естественному ряду устанавливается на основе графика зависимости видовой высоты от возраста (Нагимов и др., 2003). Из дальнейшей обработки исключаются пробные площади, у которых видовая высота отклоняется от выровненной средней более чем на $\pm 10\%$.

Разделение древостоев пробных площадей на классы по начальной густоте проводится на основе индикатора – относительной площади сечения $G : H$, где G – средняя площадь сечения, H – средняя высота древостоя.

Предварительно по материалам роста культур разной густоты было доказано, что различия культур разной первоначальной густоты по относительной площади сечения $G:H$ носят более стабильный и закономерный характер, чем по любому другому показателю. Это объясняется тем, что при вычислении $G:H$ используются два показателя, которые по-разному зависят от густоты и оказывают на количественное выражение друг друга взаимовлияние, в значительной степени обусловленное густотой древостоев. Поэтому по величине показателя $G:H$ в старшем возрасте можно без указания числа деревьев разделить древостои на группы по начальной густоте.

С этой целью по данным пробных площадей строится график зависимости показателя $G:H$ от возраста (как в методе Г. С. Разина). На графике поле точек ограничивается крайними линиями, проходящими через максимальные и минимальные значения $G:H$. Затем полученная область значений $G:H$ делится на одинаковые по ширине полосы. Эти полосы принимаются за возрастные ряды значений $G:H$, относящиеся к одной группе по начальной густоте.

При разработке ТХР применяется метод множественного регрессионного анализа с составлением системы связанных между собой уравнений, обеспечивающих получение более согласованных данных по классам густоты.

На первом этапе разрабатывается уравнение связи показателя G:H от возраста (A) и начальной густоты. При расчетах классы густоты (K) обозначаются арабскими цифрами 1...n.

$$G:H = f(A, K). \quad (9)$$

Например, для сосняка ягодникового получено следующее уравнение:

$$\ln G:H = 7,520 + 5,024 \ln A - 0,995 \ln^2 A + 0,083 \ln^3 A + 0,409 K - 0,057 K \ln A; \quad (10)$$

$$R^2 = 0,927; \sigma = \pm 7,2 \%,$$

где R^2 – коэффициент детерминации, σ – стандартная ошибка.

При выявлении динамики основных таксационных показателей предлагается совершенно новый подход, принципиально отличающийся от всех известных в этом направлении предложений.

Динамика средних диаметров и высот изучается по всей совокупности древостоев естественного ряда в зависимости от возраста и показателя G:H:

$$H = f(A, G:H). \quad (11)$$

$$D = f(A, G:H). \quad (12)$$

Например, для сосняка ягодникового получены уравнения:

$$\ln H = 1,403 - 1,684 \ln A + 0,860 \ln^2 A - 0,097 \ln^3 A + 0,203 \ln G:H; \quad (13)$$

$$R^2 = 0,957; \sigma = \pm 5,3 \, \%.$$

$$\ln D = -1,924 + 1,326 \ln A - 0,123 \ln^2 A + 0,598 \ln G:H; \quad (14)$$

$$R^2 = 0,948; \sigma = \pm 6,7 \, \%.$$

Динамика видовых высот изучается в зависимости от высот древостоев и начальной густоты.

$$HF = f(H, K). \quad (15)$$

Например, для сосняка ягодникового получено уравнение:

$$HF = -0,577 + 1,054 \ln H - 0,034 \ln^2 H - 0,007 \ln K; \quad (16)$$

$$R^2 = 0,970; \sigma = \pm 4,9 \, \%.$$

При исследовании возрастной динамики густоты (средней площади питания деревьев Sp) применяется метод расслоенной выборки по классам густоты, т. е. эта динамика изучается отдельно по классам густоты. При этом наилучшим является уравнение вида:

$$\ln Sp = a_0 + a_1 \ln A + a_2 \ln^2 A + a_3 \ln^3 A. \quad (17)$$

Такой подход объясняется тем, что характер изменения числа деревьев в ходе естественного развития древостоев в значительной степени определяется их исходным состоянием по густоте. Поэтому подобрать структуру регрессионной модели, описывающей динамику густоты во всех классах, очень сложно.

При составлении ТХР на первом этапе по уравнению (9) для каждого класса густоты определяются средние значения $G:H$ по десятилетиям возраста. Затем на основе уравнений (11) и (12) вычисляются соответственно средние высоты и диаметры. При этом используются уже рассчитанные значения показателя $G:H$. Таким образом, расчеты проводятся на основе построения рекурсивной системы уравнений

$$\left. \begin{aligned} \ln H &= f(A, G:H) \\ \ln D &= f(A, G:H) \\ \ln G:H &= f(A, K) \end{aligned} \right\} \quad (18)$$

В этой системе зависимая переменная $G:H$ третьего уравнения входит в первые два в роли определяющего фактора (независимой переменной).

Определение видовых высот производится на основе уравнения (15) через средние высоты, вычисленные по приведенной выше системе регрессионных уравнений. В этом случае рекурсивная система выглядит так:

$$\left. \begin{aligned} H_f &= f(H, K) \\ H &= f(A, G:H) \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

Возрастная динамика числа деревьев на 1 га выявляется отдельно по классам густоты на основе соответствующих уравнений. При определении других таксационных показателей используются общепринятые в лесной таксации приемы.

Глава 3

КЛАССИФИКАЦИЯ, ТИПЫ ТАБЛИЦ ХОДА РОСТА НАСАЖДЕНИЙ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

К настоящему времени имеется очень большое количество таблиц хода роста насаждений, разработанных в разные годы многими авторами на основе разнообразных подходов и методов. Для того, чтобы коротко охарактеризовать все множество существующих ТХР ниже приведена одна из наиболее распространенных классификаций таблиц хода роста насаждений:

1. В территориальном аспекте ТХР делятся:

- на региональные (ограниченные одним лесотаксационным районом);
- общие (для всей территории страны), получены, как правило, в результате обобщения региональных ТХР;
- всеобщие (для всего ареала произрастания породы).

2. По полноте информации:

- полные (с показом господствующей (основной) и подчиненной (вырубаемой) части);
- сокращенные, т.е. эскизы (приведены данные только по основной части, без показа отпада).

3. По классификационному признаку:

- класс бонитета (три подвида таблиц в зависимости от тенденции изменения класса бонитета: не меняется; возрастает; снижается);
- тип леса (определение типа леса в натуре осложняется тем, что древостой и напочвенный покров могут изменяться в течение жизни насаждения, нарушение живого напочвенного покрова может произойти в результате низового пожара).

4. По породному составу:

- для чистых;
- для смешанных древостоев.

5. По возрастной структуре насаждения:

- для одновозрастных (возраст может различаться не более чем на половину принятого для данной породы класса возраста);
- условно одновозрастных (различие на один класс возраста);
- условно разновозрастных древостоев (различие не более полутора класса возраста).

6. По происхождению:

- для естественных насаждений;
- для лесных культур.

7. По степени интенсивности изреживания при проведенных рубках ухода:

- слабое изреживание;
- умеренное;
- сильное;
- очень сильное.

8. По целевому назначению:

- нормальных древостоев;
- модальных древостоев;
- оптимальных древостоев;
- древостоев разной густоты;
- комплексной продуктивности насаждений.

В связи с тем, что именно практическое применение таблиц хода роста, т.е. их целевое назначение, играет наибольшую роль и составляет наибольший интерес при составлении ТХР, более подробно с точки зрения построения и применения будут рассмотрены типы ТХР по последней классификации.

3.1. ТХР нормальных древостоев

ТХР нормальных древостоев показывают возрастную динамику таксационных показателей древостоев, имеющих в данных условиях произрастания наибольшие суммы площадей сечений и запасы на 1 га. Это наиболее распространенный вид нормативов производительности. Только в нашей стране известно несколько сотен ТХР нормальных древостоев.

М. М. Орлов указывал, что нормальные насаждения при данных форме, породе, возрасте и условиях местопроизрастания являются наиболее совершенными (Орлов, 1925). Он считал, что они максимально используют природные ресурсы и имеют в данных условиях наибольшую производительность.

Применение ТХР нормальных древостоев многогранно. Представляя собой числовые модели роста древостоев, они несут в себе богатейшую информацию, которая используется и в научных, и в практических целях.

Одно из основных направлений использования ТХР нормальных древостоев – это применение их для ориентировочной таксации насаждений. При этом для каждого элемента леса (сложные и смешанные насаждения рассматриваются как сочетание элементов леса) определяются в натуре относительная полнота, класс бонитета, средний возраст, диаметр и высота известными в таксации способами. По этим данным для элементов леса определяются следующие таксационные показатели:

1. *Запас*. По установленному классу бонитета и возрасту в ТХР находят запас нормального насаждения (M_n) и, умножив его на относительную полноту таксируемого насаждения (P_m), получают запас таксируемого насаждения (M_T):

$$M_T = M_n P_m. \quad (20)$$

2. *Количество деревьев*. По установленному классу бонитета и возрасту из ТХР берется сумма площадей сечений нормального насаждения (G_n) и умножается на относительную полноту таксируемого насаждения (P_m). Полученное произведение делится на площадь сечения среднего дерева (g_m), которая определяется по среднему диаметру:

$$N = \frac{G_n P_m}{g_m}. \quad (21)$$

Если требуется распределить число деревьев по ступеням толщины, то согласно среднему диаметру древостоя из применяемых в регионе таблиц строения древостоев выписывается процентный ряд распределения деревьев по диаметру. С использованием этого ряда общее число деревьев распределяется по ступеням толщины.

3. *Текущий прирост*. Из ТХР берется текущий прирост нормального насаждения по соответствующим показателям. При определении на его основе текущего прироста таксируемого насаждения используются известные в лесной таксации формулы, например, Гергардта:

для насаждений из светолюбивых пород

$$Z_d = Z_n (1,7 - 0,7 P_m) P_m; \quad (22)$$

для насаждений из теневыносливых пород

$$Z_d = Z_n (2 - 1 P_m) P_m. \quad (23)$$

Другое важное направление использования таблиц хода роста нормальных древостоев – это характеристика и прогнозирование хода роста основных таксационных показателей древостоев во времени (высоты, диаметра, числа стволов, их полндревесности, сумм площадей сечений, запасов текущего и среднего приростов, числа стволов и запаса отпада, общей производительности).

Следующее направление – установление возрастов количественной и технической спелости и возраста рубки, а также проектирование лесохозяйственных мероприятий и обоснование размера главного и промежуточного (по запасам вырубаемой части насаждений) пользования лесом.

Возраст количественной спелости – это наименьший возраст насаждения, при котором в данных условиях средний прирост по запасу достигает максимальной величины.

Возраст технической спелости – это возраст наивысшего выхода сортиментов тех или иных размеров. При установлении возраста технической спелости запас, взятый из ТХР, распределяется на конкретные сортименты по применяемым в регионе товарным таблицам.

Кроме того, данные ТХР нормальных насаждений служат исходным материалом для выявления общих закономерностей и региональных особенностей роста, корреляционных зависимостей между различными таксационными показателями, разработки лесотаксационного районирования и построения необходимых производству нормативов, отражающих как статическое, так и динамическое состояние насаждений.

В условиях современного лесного хозяйства ТХР нормальных насаждений не могут ответить на все вопросы теории и практики лесовыращивания. В специальной литературе (Кузьмичев, 1977) указывается на следующие моменты:

а) понятие нормальности не может быть одинаковым для лесов разного народнохозяйственного значения;

б) выращивание деревьев в состоянии максимальной полноты снижает их рост по диаметру и увеличивает возраст наступления технической спелости;

в) высокая полнота способствует накоплению деревьев слабого развития, которые затем интенсивно отмирают;

г) развитие деревьев происходит лучше при оптимальных размерах пространства роста, а не при минимальных;

д) малая представленность в природе нормальных насаждений и отсутствие четких критериев нормальности.

В настоящее время установлено, что древостои не могут долго находиться в состоянии нормальной полноты и производительности. Период существования древостоя в пределах нормальной производительности зависит от биологических особенностей породы, экологических условий и первоначальной густоты. Поэтому таблицы хода роста нормальных древостоев не пригодны для прогноза. Они, будучи составлены на экспериментальном материале однократных измерений параметров древостоев, не отражают фактического хода роста древостоев и показывают их производительность лишь в статике.

3.2. ТХР модальных древостоев

Таблицы хода роста модальных древостоев показывают возрастную динамику таксационных показателей наиболее распространенных в данном регионе насаждений по породе, классу бонитета или типу леса (средних по составу, полноте и другим таксационным показателям). Данные таблицы показывают ход роста и развития смешанных по породному составу и разновозрастных насаждений, которые, в отличие от одновозрастных чистых нормальных насаждений, имеют наибольшую встречаемость в природе.

В настоящее время для смешанных насаждений составляются три типа таблиц:

- сомкнутых насаждений с полнотой 1,0;
- с постоянными (близкими к средним для района) полнотой и составом;
- с меняющимися с увеличением возраста полнотой и составом.

Эти таблицы характеризуют фактическое состояние лесного фонда и способствуют выявлению степени использования лесных земель. Кроме того, ТХР модальных древостоев находят применение при определении валовой продуктивности настоящих и будущих лесов, разработке моделей программных лесов, проведении мероприятий по ведению лесного хозяйства и повышению продуктивности лесов, решении задач организации спецхозяйств по выращиванию целевых насаждений, инвентаризации лесов и проектировании лесохозяйственных мероприятий.

Однако многие исследователи отмечают ограниченные возможности применения ТХР модальных древостоев. Так, В. Б. Козловский и В. М. Павлов считают, что они дают только общее представление о возрастной динамике лесов, которое проще получить путем анализа данных инвентаризации лесного фонда (Козловский, Павлов, 1967). Серьезным недостатком этих таблиц является и то, что они не могут дать придержек относительно лесоводственного идеала, к которому нужно стремиться при хозяйственной деятельности в лесу.

Разновозрастные древостои отличаются сложной возрастной структурой, многоярусностью и требуют особых подходов при изучении их хода роста. При разработке таблиц хода роста разновозрастных древостоев происходит расчленение насаждения по ярусам и возрастным поколениям, и динамика изменения таксационных показателей с возрастом изучается по каждому поколению леса в отдельности. К этому типу ТХР можно отнести составленные А. Г. Шавниным для разновозрастных елово-пихтовых насаждений крупнопороотниковых III – IV классов бонитета и хвощевых V класса бонитета ельников Среднего Урала (Шавнин, 1962). Насаждения относятся к категории абсолютно разновозрастных. В них представлены поколения всех возрастов от подроста до возраста естественного разрушения. Каждое поколение с возрастом повторяет историю развития предшествовавших ему поколений. Данные хода роста относятся к отдельным поколениям, входящим в состав разновозрастных насаждений. На основе ТХР разновозрастных насаждений можно судить о сменах поколений и наступлении возрастов их спелости.

3.3. ТХР оптимальных древостоев

Таблицы хода роста оптимальных древостоев показывают возрастную динамику таксационных показателей насаждений, параметры которых в данных лесорастительных и экономических условиях являются эталонными. Оптимальными для данной лесорастительной зоны определенных почвенных и экологических условий следует считать древостои такого породного состава, густоты и типа территориального размещения деревьев, которые максимально используя потенциальное плодородие почв, обеспечивают получение продукции при наименьших затратах в соответствии с требованиями народного хозяйства в ближайшей и отдаленной перспективах (Резолюция научной конференции, 1982).

В природе преобладают насаждения смешанного состава, сложные по форме и разновозрастные по отдельным ярусам. Исследование хода роста смешанных насаждений требует разработки методов, начиная с установления понятия нормальности этих объектов. В «Лесной вспомогательной книжке» профессора М. М. Орлова помещены таблицы хода роста смешанных сосново-еловых насаждений Пруссии в возрасте от 30 до 170 лет, составленные профессором Шиллингом в двух вариантах:

- 1) с равномерным смешением сосны и ели, т.е. 5С5Е;
- 2) насаждений с резко выраженными двумя ярусами: верхним сосновым и нижним еловым.

Таблицы Шиллинга несовершенны в методическом отношении: средние таксационные признаки насаждений даны без подразделений по породам с единством состава по ряду сосны и ели на протяжении столь длительного периода. Во втором типе таблиц нет подразделений даже по ярусам.

В шведских таблицах хода роста смешанных насаждений состава 5С4Е1Б для III, IV и V классов бонитета (авторы Энандер и Грантингер) средние таксационные показатели дифференцированы по породам, что выгодно отличает шведские таблицы от таблиц Шиллинга. Возрасты насаждений от 20 до 100 лет. Однако постоянство состава пород на протяжении 100-летнего возраста также вызывает сомнение.

По иному пути пошел А. Н. Тарашкевич, характеризуя ход роста елово-лиственных насаждений для II и III бонитетов в лесах Тверской губернии (Тарашкевич, 1916). Автор приводит динамику состава пород в зависимости от возраста. Вначале наблюдается преобладание лиственных пород и незначительная примесь ели, которая с возрастом постепенно увеличивается и начинает вытеснять лиственные породы. В возрасте 20 лет состав 1Е9Лиственных; к 140 годам обратное соотношение – 9Е1Лиственных. Таксационная характеристика насаждений дана отдельно по породам.

Большую работу по составлению таблиц хода роста смешанных насаждений провел Н. В. Огородов, опубликовавший в 1951 г. ТХР сомкнутых елово-пихтовых насаждений с незначительной примесью березы по типам леса для северо-востока европейской части (Козловский, 1967). Таблицы составлены по материалам пробных площадей, заложенных в насаждениях от 30 до 200 лет и выше в пяти типах леса. Таксационные признаки приведены только для преобладающей породы (ели).

О. А. Трулль в 1955 г. в работе «Смешанные елово-березовые насаждения БССР и динамика их роста и развития» привел ТХР, основанные на материалах 68 пробных площадей в еловых типах леса – кисличниках, зеленомошно-кисличниках и черничниках (Козловский, 1967). Динамика роста и развития охватывает две стадии:

а) сложного елово-березового насаждения, двухъярусного строения, с березой в верхнем ярусе и елью в нижнем; эта стадия продолжается до 40 лет;

б) стадия смешанного елово-березового насаждения характеризуется одноярусным строением полога из березы и ели; эта стадия от 40 до 100 лет.

В стадии б) в период 40-45 лет наблюдаются равные доли участия ели и березы в составе насаждения, после чего наступает период преобладания ели, протекающий от 50 до 100 лет. Полное завершение смены пород происходит за пределами 100 лет с образованием чистого елового насаждения. Дана отдельная таксационная характеристика по ели и березе.

О. А. Неволиным в 1965 г. для Архангельской области составлены таблицы хода роста смешанных сосново-березовых древостоев высшей производительности (Козловский, 1967). Автор отмечает увеличение продуктивности смешанных сосново-березовых насаждений по сравнению с чистыми сосняками аналогичного типа леса.

Разработка моделей оптимальных древостоев проводится в зависимости от основных функций насаждений: эксплуатационные, защитные, рекреационные и т.п. Основными критериями оптимальности эксплуатационных древостоев считаются текущий прирост запаса и показатели сортиментно-сортной структуры древесины.

Эти таблицы в основном предназначены для определения целей хозяйства и решения ряда практических вопросов лесовыращивания, в частности, оптимизации густоты, состава и структуры насаждений, создания целевых программ рубок ухода, разработки рекомендаций по формированию хозяйственно-целесообразных насаждений.

3.4. ТХР древостоев разной густоты

Таблицы хода роста древостоев разной густоты показывают несколько вариантов изменения основных таксационных показателей в зависимости от густоты или первоначальной густоты их произрастания.

Количественные и качественные показатели насаждений в определенных почвенно-климатических условиях в основном определяются густотой их произрастания. Поэтому указанные таблицы, в которых представлена возрастная динамика большого многообразия древостоев по исходной и текущей густоте, представляют для теории и практики лесовыращивания огромную ценность. Они в какой-то мере отражают содержание таблиц нормальных, модальных и оптимальных древостоев.

ТХР такого вида составлены В. Ф. Лебковым для сосны, Г. С. Разиным для ельников Пермской области естественного и искусственного происхождения, З. Я. Нагимовым для сосняков Среднего Урала.

Зарубежные исследователи также занимались составлением таблиц хода роста, связанных с определением таксационных показателей древостоев разной густоты. Так, Вимменауэр в 1913 г. предложил ТХР для дубовых семенных насаждений при очень сильных мерах ухода, Герхард в 1928–1930 гг. в Германии разработал таблицы для еловых и буковых древостоев при слабых, умеренных, сильных и очень сильных рубках ухода.

ТХР древостоев разной густоты являются наиболее пригодными моделями для прогнозирования роста древостоев и прироста древесины в них. Данные этих таблиц могут служить исходным материалом для выявления закономерностей строения и роста древостоев, корреляционных зависимостей между различными таксационными показателями, построения важных в практическом отношении нормативно-справочных материалов для таксации лесов и ведения лесохозяйственного производства, обоснования рекомендаций по проектированию рубок промежуточного пользования и наиболее приемлемого режима выращивание насаждений с учетом категорий защитности лесов.

3.5. Таблицы комплексной продуктивности насаждений

Таблицы хода роста могут быть расширены различными дополнительными признаками, характеризующими биологическую и экологическую комплексную продуктивность древостоев разного возраста.

Так, например, ТХР могут содержать распределение числа деревьев по ступеням толщины, как в польских таблицах, составленных Едлинским для сосны, или распределение по ступеням толщины значений запаса древесины, как в шведских таблицах А. Мааса для

сосны, или и число деревьев, и запас, распределенные по ступеням толщины, как в финляндских таблицах, составленных Ильвессалло.

Некоторые ТХР дополнены значениями фитомассы различных фракций леса: ствола, кроны, ветвей, сучьев, листвы или хвои, древесной зелени, корней. Такие таблицы в нашей стране были составлены для различных пород Усольцевым (1988), Мироненко А.В. (1998) и др.

Нагимовым З. Я. разработаны ТХР с разделением по густоте древостоев и со значениями фракций фитомассы для сосновых древостоев в условиях южной и средней тайги на Урале (Нагимов, 2000).

В. В. Успенский в 1999 г. составил ТХР с дополнением следующими экологическими характеристиками древостоев:

- сомкнутость крон;
- освещенность на высоте 1,3 м;
- объем крон;
- листовой индекс;
- пылепоглолительная способность;
- депонирование CO_2 ;
- выделение O_2 и фитонцидов;
- инфильтрация влаги в почву;
- энергетическая оценка леса.

Подобные таблицы хода роста дают возможность «количественно оценить невесомые полезности леса» (Верхунов, Черных, 2009).

Таблицы комплексной продуктивности насаждений с данными о фитомассе лесных экосистем, депонировании ими углерода, биоэнергетике могут использоваться при решении задач, обеспечивающих мониторинг лесных экосистем.

Глава 4

ОСНОВНЫЕ МОДЕЛИ РОСТА ДЕРЕВЬЕВ И ДРЕВОСТОЕВ

Исследование роста отдельных деревьев дает возможность получения и использования закономерностей, выявленных для конкретных деревьев, при описании роста совокупности деревьев, т.е. для древостоев.

Моделирование роста и продуктивности древостоев, в свою очередь, является методом познания и выявления закономерностей функционирования экосистем. Эмпирические модели процессов роста находят широкий спектр практического применения, от обеспечения лесоустройства необходимыми и актуальными лесотаксационными нормативами до оценки показателей биопродукционного процесса в насаждении.

В области исследования процессов роста дерева применяются количественные методы и математическое моделирование. По мнению Г. Б. Кофмана, «...несмотря на систематические и уже более чем столетние поиски, общепризнанного и достаточно обоснованного варианта теории роста не существует» (Кофман, 1986). До этого такое же мнение о том, что действительных законов роста еще не найдено высказал В. В. Кузьмичев (Кузьмичев, 1977, 1980, 2013).

Основными задачами при моделировании динамики насаждений в настоящее время являются анализ чувствительности моделей к варьированию параметров и начальных данных моделей, уменьшение неопределенностей, порождаемых частичным отсутствием или невысоким качеством входной информации, и анализ соответствия модельных прогнозов существующим экспериментальным данным.

4.1. Модели роста деревьев и древостоев как функции от времени

Рост отдельного дерева обычно измеряется увеличением размеров легко определяемых величин, таких как диаметр и площадь поперечного сечения ствола на высоте 1,3 м, высота дерева и объем. Графическое изображение этих таксационных характеристик в зависимости от возраста дает кривую роста по исследуемому показателю.

В связи с наличием колебаний погодных условий в разные годы жизни дерева годовичное изменение параметров роста будет иметь на графике вид ломаной кривой. Поэтому предлагаемые математические модели всегда являются выровненными усредненными линиями.

В общем виде биологический рост может быть представлен в виде сигмоидной (S-образной) кривой, описывающей динамику каких-либо измеримых показателей в зависимости от времени. Впервые понятие об S-образной кривой было сформулировано в 1873 г. Саксом. Основной характеристикой этой кривой является наличие нескольких стадий: первоначального медленного роста, быстрого роста и завершающего медленного роста. В общем случае сигмоидную кривую можно представить в виде двух ветвей: возрастающей экспоненциальной и затухающей логарифмической, соотношение которых может быть очень разнообразным, так как зависит от множества внешних и внутренних факторов (Кузьмичев, 2013).

Число конкретных уравнений роста, предложенных в разное время исследователями, давно уже перевалило за сотню и увеличивается с каждым годом. В данном пособии мы рассмотрим некоторые из них.

Для всех нижеприведенных уравнений заданы следующие основные обозначения:

y – измеряемый параметр дерева,

t – время (возраст),

e – основание натурального логарифма, приблизительно равно 2,71828 (называют числом Эйлера или числом Непера),

a, b, c, d, k, m – параметры уравнения.

В случае необходимости дополнительные обозначения параметров моделей приведены непосредственно под определенным уравнением.

Самым первым в истории исследований динамики роста считается уравнение Хоссфельда (в другом переводе – Госсвельда):

$$y = \frac{t^c}{\left(b + \frac{t^c}{a}\right)}. \quad (24)$$

Функция роста Хоссфельда применяется с 1822 г. Ряд уравнений (Леваковича, Йошиды), используемые в настоящее время в исследованиях роста в биологии, являются модификациями данной функции, поэтому будут приведены непосредственно ниже.

Уравнения Леваковича:

$$y = a \left(\frac{t^d}{b+t^d} \right)^c, \quad (25)$$

$$y = a \left(\frac{t^2}{b+t^2} \right) c. \quad (26)$$

Эти уравнения были разработаны Леваковичем в 1935 г. Они считаются одними из самых лучших в смысле точности аппроксимации эмпирических данных.

Уравнение Йошиды (Гавриков, 2016):

$$y = \frac{at^d}{(b+t^d)} + c. \quad (27)$$

Уравнение Коллера (Малышев, Мурзинов, 2012):

$$y = at^b e^{-ct}. \quad (28)$$

В 1878 г. Д. Коллер предложил свою формулу выравнивания хода роста древостоев по высоте и другим таксационным показателям. Считается наиболее пригодным для выравнивания хода роста по диаметру.

Уравнение Гомпертца называется еще уравнением экспоненциального угасания:

$$y = ae^{-be^{-ct}}. \quad (29)$$

Уравнение Гомпертца представляет относительную скорость роста как экспоненциальную функцию возраста. Особенностью данного уравнения является то, что точка перегиба управляется единственным параметром a и находится в точке a/e . Уравнение Гомпертца обладает большой гибкостью и очень хорошо подходит для описания биологических процессов.

Уравнение Слободы является модификацией функции Гомпертца и отличается от него добавлением четвертого параметра – степени у независимой переменной t :

$$y = ae^{-be^{-ct^d}}. \quad (30)$$

Логистическое уравнение Ферхюльста:

$$y = \frac{a}{(1+ce^{-bt})}. \quad (31)$$

Логистическое уравнение считается недостаточно точным при описании роста деревьев и недостаточно гибким, так как оно симметрично относительно точки перегиба, которая расположена на уровне $a/2$.

Но при этом уравнение Ферхюльста объясняет внутренний механизм, порождающий макроскопический эффект в виде кривой роста, и показывает, какие параметры механизма отвечают за те или иные особенности кривой роста. Естественно, короткая форма данного уравнения не в состоянии охватить всю сложность явления роста, что приводит к тому, что оно иногда лишь качественно соответствует наблюдаемым данным. Усложнение же уравнения с целью повышения точности может привести к потере биологического объяснения. Этот конфликт известен и Кофман считает, что «более обоснованные, модельные выражения заведомо будут проигрывать в точности специально подобранным регрессионным уравнениям» (Кофман, 1986).

Уравнение Теразаки:

$$y = ae^{-b/t}. \quad (32)$$

Японским лесоводом Теразаки в 1915 г. была предложена для изучения роста деревьев одна из наиболее простых S-образных кривых. Считается, что уравнение больше подходит для выравнивания хода роста по объему, для молодых деревьев и по высоте. Очень мало соответствует росту деревьев по диаметру.

Уравнение Бакмана:

$$\log y = a_0 + a_1 \log t + a_2 (\log t)^2. \quad (33)$$

В 1925 г. Г. Бакманом по результатам анализа известных функций роста был сделан вывод о том, что уравнения S-образных кривых не отражают того, что период снижения скорости роста является более длительным процессом, чем период возрастания. Для устранения этого недостатка им была разработана формула на основе утверждения, что логарифм скорости роста пропорционален квадрату логарифма времени.

Уравнение Шмальгаузена (Гавриков, 2016):

$$y = y_0 \left(\frac{t}{t_0} \right)^a, \quad (34)$$

где y_0 – начальное значение измеряемого параметра в момент t_0 .

И. И. Шмальгаузен в 1935 г. предложил обобщенную формулу роста. Исследования показали, что эта формула хорошо описывает рост, но не во всем диапазоне продолжительности жизни организма, а только его отдельные стадии. Параметр a называют "константой роста", его значение остается постоянным на протяжении определенного периода и меняется при переходе к другому.

Уравнение Корсуня:

$$y = \frac{t^2}{a+bt+ct^2}. \quad (35)$$

Ф. Корсунь в 1935 г использовал данное уравнение при составлении таблиц хода роста.

Уравнение Берталанффи:

$$y = a(1 - e^{-bt})^3. \quad (36)$$

В 1938 г. П. Берталанффи сформулировал научную гипотезу для объяснения нелинейности роста через известные биологические процессы анаболизма (приводящие к образованию тканей организма) и катаболизма (ведущие к распаду тканей). Анаболизм пропорционален поверхности организма, так как именно через поверхность идет поглощение ресурсов для роста. А катаболизм пропорционален объему организма. Использование уравнения Берталанффи в зоологии встречается чаще, чем при описании роста дерева.

Уравнение Хугерсхофа:

$$y = at^2 e^{-ct}. \quad (37)$$

В 1936 г. Р. Хугерсхоф разработал уравнение не путем формально-математических построений, а на основе энергетических представлений. Эта формула достаточно хорошо подходит для определения объема дерева.

Уравнение Корфа (Малышев, Мурзинов, 2012):

$$y = ae^{b/(1-c)t^{c-1}}. \quad (38)$$

В. Корф разработал собственную модель роста в 1939 г. Ее можно получить, предполагая, что относительный рост по диаметру является степенной, а не экспоненциальной функцией возраста. Это уравнение считается наиболее подходящим для описания роста по диаметру фиксированного количества деревьев и является значительно более точным, чем другие.

Уравнение Шимека:

$$y = ae^{b/(1-c)t^{1-c}-dt}. \quad (39)$$

В 1967 г. Й. Шимек предложил несколько более сложную формулу, чем уравнение Корфа. Данная модель дает перегиб после достижения параметром a предельного значения.

Уравнение Хильми:

$$y = T_{max} - (T_{max} - T_0) e^{-b_t(t-t_0)}, \quad (40)$$

где T_{max} – максимальное значение таксационного признака;

T_0 – начальное значение таксационного признака;

b_t – коэффициент, зависящий от породы, класса бонитета и таксационного показателя;

$t-t_0$ – разность времени между периодами наблюдений.

Г. Ф. Хильми в 1958 г. разработал модель для описания динамики запаса древостоя. Недостатком функции является невозможность описать динамику запаса на поздних стадиях развития древостоя. Позднее модель стала применяться для описания хода роста и других таксационных показателей.

Уравнение Митчерлиха:

$$y = a(1 - e^{ct})^m. \quad (41)$$

В 1919 г. Митчерлих разработал уравнение для выражения зависимости роста растений от плодородия почвы, а в последствии оно стало применяться для выравнивания значений роста в зависимости от времени. При исследовании хода роста дерева в высоту вместо

параметра уравнения a используют значение максимальной высоты дерева, возможной для данной породы в конкретных лесорастительных условиях.

Уравнение Дракина-Вуевского:

$$y = a(1 - e^{kt})^m. \quad (42)$$

Белорусские исследователи В. Н. Дракин и Д. И. Вуевский в 1940 разработали уравнение для исследования роста древостоев по высоте. Учитывая S-образную закономерность роста, авторы задавались предпосылкой, что скорость роста насаждения по высоте, начиная от нуля, возрастает до своего максимума, а затем при увеличении возраста стремится к нулю. Положительным свойством этой функции является то, что при $m > 1$ она имеет точку перегиба и S-образный вид. При $m \leq 1$ точка перегиба отсутствует и кривая обращена выпуклостью вверх. Поэтому уравнение Дракина-Вуевского может быть использовано для исследования хода роста и быстрорастущих, и медленно-растущих древесных пород.

Уравнение Чепмена-Ричардса:

$$y = A(1 - be^{-kt})^{1/(1-m)}, \quad (43)$$

где A – максимальное значение признака.

Ф. Ричардс в 1959 г. при исследовании роста растений и Р. Чепмен в 1961 г., изучая рост рыб, на основе функции Берталанффи предложили вместо аллометрической константы использовать параметр m , создав обобщенную формулу роста. Это позволило уравнению Чепмена-Ричардса стать более гибким и хорошо соответствовать эмпирическим данным. Эта модель является обобщением многих ранее разработанных функций роста: логистической, Гомпертца, Митчерлиха и Дракина-Вуевского.

Уравнение Успенского:

$$y = T_{\max} \left(1 - \frac{\alpha}{\alpha - \beta} e + \frac{\beta}{\alpha - \beta} e \right), \quad (44)$$

где T_{\max} – максимальное значение таксационного признака;

α – относительное время выхода древостоя на максимальный текущий прирост по таксационному признаку;

β – относительное время выхода древостоя на максимальное значение таксационного признака.

В. В. Успенский в 1991 г. разработал данное уравнение хода роста древостоев в зависимости от предельного значения показателя, динамика которого изучается, и наибольшего прироста по нему.

Уравнение Вейбулла:

$$y = 1 - e^{-\left(\frac{t}{b}\right)^a}. \quad (45)$$

Изначально это уравнение было разработано для описания распределения вероятностей случайных величин и использовалось для описания закономерностей в промышленном производстве. Позднее его стали использовать для описания распределения строения древостоев по диаметру и как модель роста дерева, которая в отличие от других представляет увеличение роста степенной функцией от возраста. Считается, что это уравнение особенно подходит для моделирования роста древостоев по диаметру.

Математические функции (показательная, экспоненциальная):

$$y = at^b. \quad (46)$$

$$y = ae^t. \quad (47)$$

Общеизвестные математические функции, описывающие нелинейные зависимости, могут быть использованы при определении хода роста различных таксационных показателей деревьев и древостоев.

При описании подобных зависимостей наилучшие результаты обеспечивает аллометрическая (степенная) функция (Кузьмичев, 1980), (Усольцев, 1988) и др.).

Аллометрическая функция заслуживает особого внимания в связи с тем, что она путем преобразования легко может быть приведена к линейному виду. Это позволяет применить относительно простые, но достаточно глубоко разработанные, методы статистической оценки.

Рост по экспоненте происходит только в первый период жизни организмов. Поэтому целесообразно применять данную функцию для выравнивания роста деревьев в высоту до 40 лет, а по диаметру и объему до 100 лет.

4.2. Модели относительного роста деревьев и древостоев

Закономерности роста деревьев и древостоев могут быть определены не только в зависимости от времени (возраста), но и в зависимости от других параметров исследуемого объекта, как правило, легко и точно измеряемых. Таким образом, относительный рост – это «изменение размеров одного органа или показателя размеров растения в зависимости от роста другого, более доступного для измерения органа или показателя» (Кузьмичев, 2013).

Подобный подход основывается на постулате целостности живого организма как общей системы и взаимосвязанности отдельных его органов в процессе роста и развития, что позволяет утверждать, что в ходе изменений под действием внешних условий в течение времени все части комплекса будут изменяться с сохранением определенной корреляции между собой.

Изначально в зоологических исследованиях было выявлено, что при изменении размеров двух частей или органов растущего организма отношение скоростей их роста остается постоянным, несмотря на различие в скоростях каждого из них. Данная закономерность получила название «постоянство относительного роста». Математическое описание этой закономерности может быть представлено на основе аллометрической функции, но в отличие от уравнения (46) расшифровка параметров модели здесь будет представлена в несколько ином виде:

$$y = ax^b, \quad (48)$$

где y – величина одного параметра;

x – величина другого параметра, через размер которого определяют размер параметра y ;

a – величина параметра y при значении параметра $x=1$;

b – отношение скоростей роста параметров y и x .

По инициативе Берталанффи эта закономерность носит название «аллометрического закона роста».

Г. Томазиус на основе данной закономерности изучал рост деревьев и древостоев по высоте и объему в зависимости от диаметра на высоте 1,3 м. По его мнению, для связи между диаметром и объемом дерева аллометрический закон роста можно применять только для деревьев толщиной более 10 см. Для сосновых древостоев связь запаса со средним диаметром оказалась слабее, чем связь запаса с высотой.

Используя аллометрический закон роста В. В. Кузьмичев в своих исследованиях установил, что рост деревьев сосны по диаметру на высоте груди прямо пропорционален их высоте (в части ствола выше 1,3 м) и наоборот (Кузьмичев, 1977). Наибольшая теснота связи получена для зависимости объемов стволов от диаметров. Более надежно определять высоту дерева через его диаметр, чем наоборот. Дополнительно были найдены зависимости, позволяющие рассчитывать прирост по объему в зависимости от легко измеряемого прироста по диаметру и от прироста по площади сечения ствола.

Необходимо отметить, что полученные по уравнению (48) аллометрические зависимости связи различных показателей могут применяться только в том случае, если рост в зависимости от времени происходит по экспоненциальной кривой, так как на определенных конкретных промежутках жизни деревьев. Рост в течение всей жизни дерева характеризуется S-образной кривой и поэтому аллометрические зависимости должны изменяться в зависимости от возраста, т.е. должны быть получены отдельно для каждого периода жизни дерева, например, для четырех возрастных периодов И. Г. Серебрякова.

С целью определения величины одних таксационных показателей через значения других, кроме описанной выше аллометрической модели, в исследованиях роста деревьев и древостоев могут быть применены любые иные закономерности, имеющие математический или биологический смысл.

4.3. Множественные регрессионные модели роста деревьев и древостоев

Одним из направлений в математическом моделировании динамики лесных объектов являются регрессионные модели. Они используются для моделирования краткосрочного характера (актуализация данных при непрерывном лесоустройстве) и прогнозного типа (таблицы хода роста). Регрессионные модели, как правило, являются основой имитационных моделей, которые используют большое количество переменных, коэффициентов для более точного описания конкретного объекта исследования.

Существует огромное количество работ, в которых различные вопросы, связанные с изучением роста и развития древостоев, решаются на основе множественных регрессионных моделей таксационных показателей. При этом необходимо учитывать, что регрессионная

модель устойчиво функционирует лишь при условии, когда фактические данные представлены в достаточном объеме и широком диапазоне варьирования каждой переменной при фиксированных значениях остальных (Усольцев, 1988).

Основной целью множественной регрессии является построение модели с большим числом факторов, а также определение влияния каждого фактора в отдельности и совокупного их воздействия на рост исследуемого показателя.

Множественный регрессионный анализ является развитием парного регрессионного анализа в случаях, когда зависимая переменная связана более чем с одной независимой переменной. Большая часть анализа является непосредственным расширением парной регрессионной модели, но здесь также появляются и некоторые новые проблемы, из которых следует выделить две. Первая проблема касается исследования влияния конкретной независимой переменной на зависимую переменную, а также разграничения её воздействия и воздействий других независимых переменных. Второй важной проблемой является спецификация модели, которая состоит в том, что необходимо ответить на вопрос, какие факторы следует включить в регрессию, а какие – исключить из неё.

Самой употребляемой и наиболее простой из моделей множественной регрессии является линейная модель:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_px_p + \varepsilon, \quad (49)$$

где a_0 – константа;

a_i – коэффициент при i -й переменной ($1 \leq i \leq p$);

x_i – i -я переменная ($1 \leq i \leq p$);

ε – случайная ошибка, значения которой распределены нормально и независимо с нулевым средним и дисперсией σ^2 .

Для получения нелинейной формы связи уравнения множественной регрессии могут строиться с использованием в своей записи полиномов различного порядка, логарифмов, обратной пропорциональности и синергизмов переменных.

Включение в уравнение множественной регрессии того или иного набора факторов должно определяться природой взаимосвязи исследуемого показателя с другими таксационными характеристиками.

Показатели роста деревьев и древостоев, включаемые в качестве факторов во множественную регрессию, должны отвечать следующим требованиям:

1. Они должны быть количественно и, желательно, легко измеримы. Если необходимо включить в модель качественный фактор, не имеющий количественного измерения, то ему нужно придать количественную определенность (задать значение в виде кода или баллов).

2. Факторы не должны коррелировать между собой и тем более находиться в точной функциональной связи.

При выборе регрессионных моделей необходимо руководствоваться установленными в зависимости от сущности и практической значимости исследования специальными требованиями. Как правило, при изучении роста и развития деревьев и древостоев выбор регрессионного уравнения производится в соответствии со следующими условиями:

- модель должна объяснять не менее 80 % вариации зависимой переменной, т.е. коэффициент детерминации $R^2 \geq 0,8$;

- вычисленные значения t -критерия Стьюдента для всех коэффициентов уравнения, показывающие значимость переменных, и F -критерия Фишера, характеризующего адекватность модели, должны превышать табличные значения на 5 %-ном уровне значимости;

- ошибка регрессии не должна превышать 10 %;

- простота модели, т.е. минимальное количество необходимых факторов.

Глава 5

ИССЛЕДОВАНИЕ ХОДА РОСТА НАСАЖДЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ ИСКУССТВЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Разработка местных таблиц хода роста является актуальной задачей, значительно повышающей точность лесоучетных работ. При ведении лесного хозяйства и лесоустройства, как правило, применяются нормативы, принятые для всей территории страны, т. е. являющиеся усредненными, либо составленные для других регионов. Нормативно-справочных материалов для искусственных насаждений вообще имеется крайне мало.

Ход роста насаждений принято отражать в виде таблиц. Известно множество методик их составления. В качестве примера мы будем использовать метод ЦНИИЛХ (разработан в Центральном НИИ лесного хозяйства (в наше время СпбНИИЛХ) под руководством проф. Н. В. Третьякова), данными для которого послужат материалы лесоустройства (массовой таксации), согласно методу Н. П. Анучина.

Исследование проводилось на территории Среднего Урала в сосняках искусственного происхождения. Для составления таблиц хода роста были отобраны опытные объекты разного возраста по двум наиболее распространенным на экспериментальном участке типам леса – сосняк ягодниковый ($C_{яг}$) и сосняк разнотравный ($C_{ртр}$). Объем экспериментального материала отражен в табл. 3.

Таблица 3

Объем экспериментального материала

Возраст культур, лет	Количество лесных культур, шт.	
	Тип леса $C_{яг}$	Тип леса $C_{ртр}$
до 10	-	1
11-20	1	-
21-30	1	4
31-40	-	4
41-50	6	4
51-60	2	1

Совокупность разновозрастного древостоя, имеющего одинаковые экологические, биологические условия произрастания, рост и т.д., называется естественным рядом.

5.1. Особенности закладки пробных площадей на исследование хода роста древостоев

Для подбора насаждений разных возрастов по принадлежности их к одному естественному ряду роста и развития в лесном массиве подбираются участки леса с одинаковыми условиями произрастания определенной породы, одновозрастного типа структуры, чистые по составу, имеющие наивысшую полноту, но разные возрасты, от молодняков до перестойных. В них старовозрастное насаждение в раннем возрасте должно было иметь такие же характеристики, как и существующее молодое насаждение. В свою очередь, молодое насаждение с возрастом должно иметь такие же таксационные показатели, которыми характеризуется данное старое.

Ход роста древостоев изучался на временных пробных площадях. Постоянные пробные площади находят меньшее применение. Временные пробные площади закладывались в насаждениях различного возраста – от молодняков до спелых и перестойных. Подбор этих участков зависит от методики составления таблиц – по типам леса, классам бонитета, с учетом состава, густоты и др.

Изучение роста древостоев представляет большую ценность как для теории, так и для практики лесного хозяйства. Результаты этих исследований являются информационной основой, которая определяет уровень лесохозяйственных, лесоинвентаризационных и лесоучетных работ.

При теоретическом изучении роста насаждений чаще всего используется метод математического моделирования, который разделяется на эколого-физиологический (механизменный) и эмпирический (имитационный) подходы. В первом случае исследователи описывают природные факторы, влияющие на процессы роста леса, а во втором создают математические модели динамики таксационных показателей древостоев с возрастом.

После изучения лесоустроительной документации были выявлены наиболее распространённые типы леса, которые и послужили источниками изучения. Для каждого типа леса на основании глазомерной таксации и данных пробных площадей вычислялись следующие

показатели: диаметр, высота, возраст, состав, сумма площадей сечений, полнота, запас, бонитет.

Пробной площадью (ПП) называется ограниченный участок территории, выбранный определенным образом в зависимости от поставленных целей, являющийся наиболее типичной частью объекта, на котором проводятся экспериментальные работы с изучением характеристик. Основой для закладки ПП являются ОСТ 56-69-83 и ОСТ 56-44-80.

Техника закладки временных пробных площадей на ход роста не отличается от работ на тренировочных пробах. Исключение составляет число срубленных деревьев. Их количество определяется 8-10% от числа деревьев на пробе. Фактически замеряют чаще всего 7-15 деревьев. При этом срубают модельные или учетные деревья.

У модельных деревьев до рубки должны быть определены их параметры для каждой ступени толщины. Следующая достаточно сложная задача – отыскать модельные деревья данного диаметра и высоты для каждой ступени толщины, а затем срубить их и обмерить.

Учитывая сложность в подборе модельных деревьев, их чаще заменяют учетными. Учетные – это деревья, отмечаемые при перечете в ступенях толщины через какой-то интервал, например, 10-е, 20-е и т. д. Они представляют совокупность, полученную случайным методом. При этом способе отбора деревьев отпадает необходимость поиска деревьев в определенных, строгих параметрах.

Ограничение ПП в натуре производилось инструментально (с помощью буссоли и мерной ленты) с постановкой вешек, измерениями углов и сторон. Границами служили прорубленные визиры шириной 0,3 м. На граничных деревьях, расположенных с внешней стороны ПП, с трех сторон делались отметки масляной краской. Затески на деревьях не допускались.

В натуре, а затем и на абрисе для каждой ПП выполнялась геодезическая привязка к квартальной сети и натурным ориентирам. На абрисе также указывалась информация о промере всех сторон и румбы.

На пробных площадях был проведен сплошной перечет деревьев по породам, ступеням толщины и категориям технической годности. Диаметры деревьев измерялись на высоте груди (1,3 м). Размер ступени толщины был принят в зависимости от среднего диаметра дерева: при диаметре от 6,1 до 16 см ступень принималась равной 2 см, при среднем диаметре 16,1 и более – 4 см. После перечета деревьев проводился отбор модельных или учетных деревьев. Для измерения

диаметра использовалась мерная вилка, для определения высоты – высотомер SUUNTO PM-5/1520PC, для определения возраста использовался возрастной бурав.

В камеральных условиях определялись все таксационные показатели:

- средняя площадь сечения рассчитывалась через сумму площадей сечений на ПП и число деревьев на этой площади

$$g_m = \frac{G_{ПП}}{N} ; \quad (50)$$

- средний диаметр определялся через среднюю площадь сечения

$$d_m = 2 \sqrt{\frac{g_m}{\pi}}; \quad (51)$$

- средний возраст рассчитывался как среднеарифметический

$$A_m = \frac{A_1 + A_2 + \dots + A_n}{n}; \quad (52)$$

- полнота древостоев определялась по формуле

$$P = \frac{G_{ПП}}{G}; \quad (53)$$

- запас древесины на пробной площади с последующим переводом на 1 га вычислялся по таблицам объемов

- видовое число рассчитывалось по формуле

$$F = \frac{M}{G_{ПП}H}. \quad (54)$$

5.2. Формирование естественного ряда роста и развития

Определение принадлежности насаждений к одному естественному ряду осуществляется на основе графических построений по материалам пробных площадей.

Важным условием принадлежности насаждений к одному естественному ряду является предельная величина отклонения таксационного показателя от выровненной прямой. Для диаметра отклонение не должно быть больше 15 %, а для высоты – 10 %.

На основании графиков на рис. 5 и 6 можно сделать вывод, что данные по сосновому древостою, подобранному в разнотравном типе

леса, и по диаметру, и по высоте соответствуют значениям, необходимым для исследований естественного ряда роста и развития.

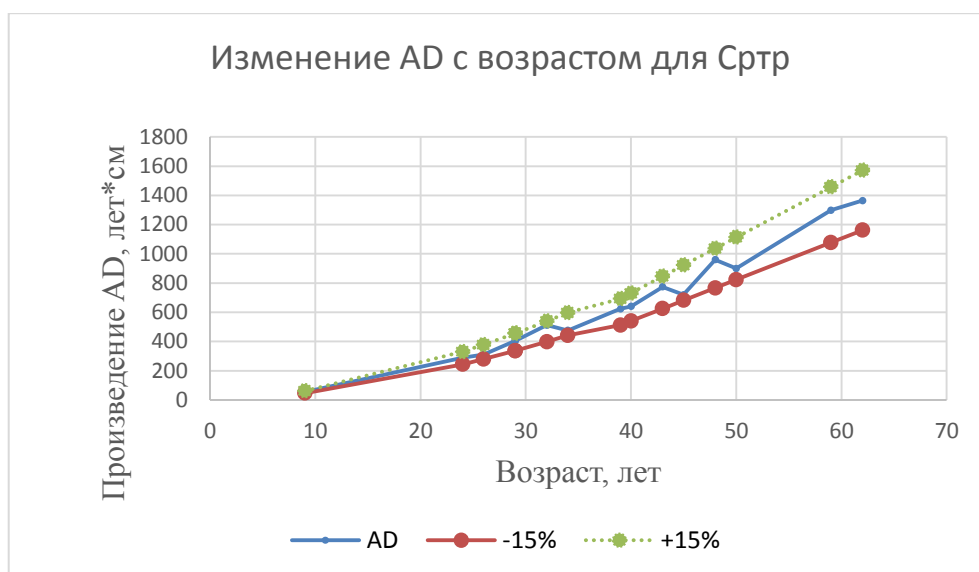


Рис. 5. Изменение произведения AD (возраст на диаметр на 1,3 м) с возрастом насаждения в типе леса сосняк разнотравный

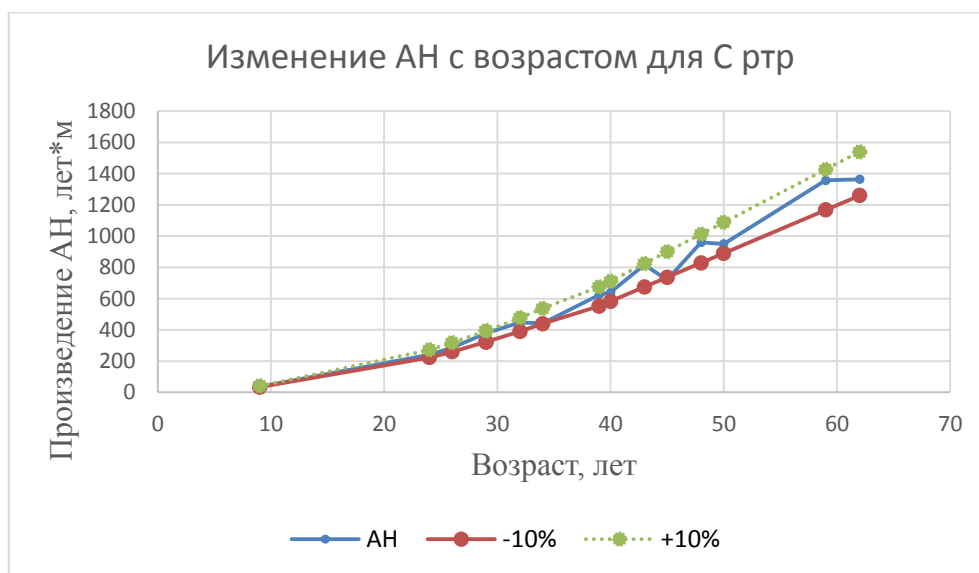


Рис. 6. Изменение произведения АН (возраст на высоту) с возрастом насаждения в типе леса сосняк разнотравный

В ягодниковом типе леса подобранные данные по диаметру и по высоте также соответствуют значениям, необходимым для проведения исследований естественного ряда роста и развития (рис. 7 и 8).

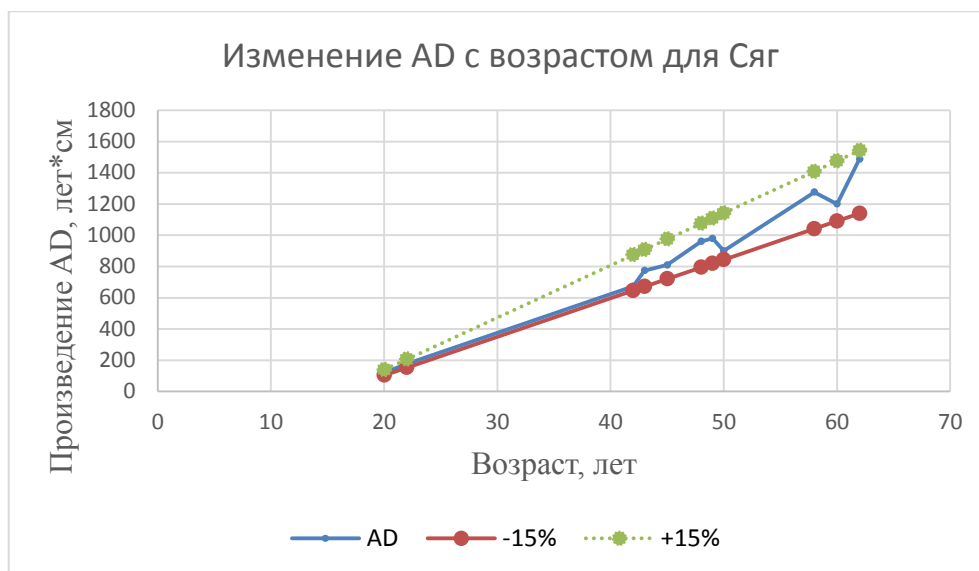


Рис. 7. Изменение произведения AD (возраст на диаметр на 1,3 м) с возрастом насаждения в типе леса сосняк ягодниковый

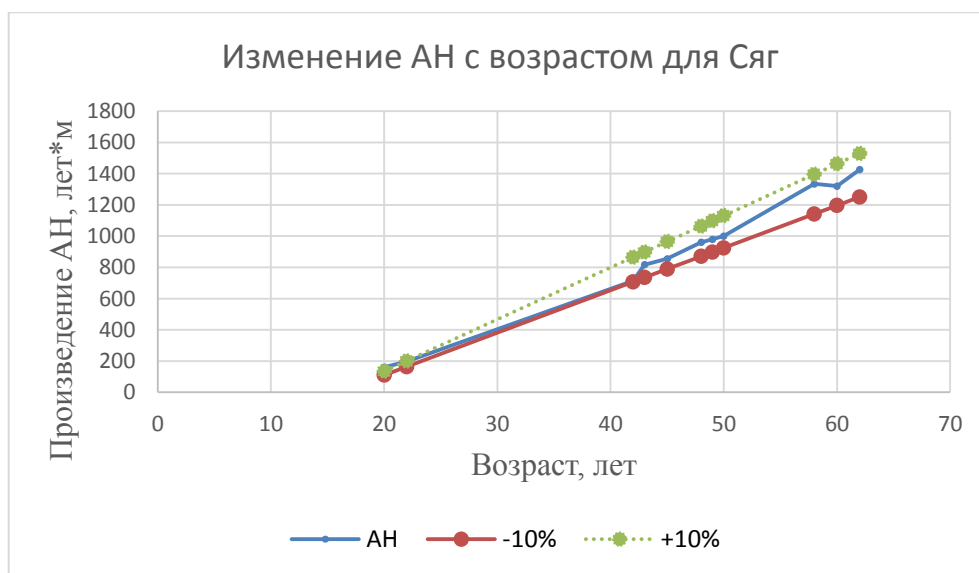


Рис. 8. Изменение произведения АН (возраст на высоту) с возрастом насаждения в тип леса сосняк ягодниковый

Сформированные естественные ряды отвечают требованиям метода ЦНИИЛХ. Распределение экспериментальных точек в области нормативных отклонений диаметров и высот, свидетельствуют об этом. Допустимые отклонения произведения АН от выровненной средней линии при проверке принадлежности древостоев к одному естественному ряду по методу ЦНИИЛХ составляют от +10 до –10 %. Распределение экспериментальных точек в области нормативных отклонений диаметров ± 15 %.

Объем нашего экспериментального материала, представленный в табл. 3, удовлетворяет всем требованиям метода ЦНИИЛХ для составления таблиц хода роста.

5.3. Зависимость таксационных показателей древостоев от их возраста

На начальном этапе составления таблиц хода роста исследуемых древостоев необходимо установить закономерности изменения основных таксационных показателей с возрастом. В исследуемых древостоях изучено изменение с возрастом следующих показателей, которые составляют основу таблиц хода роста: средняя высота древостоя, средний диаметр древостоя, запас древостоя.

Анализ исследований связи основных таксационных показателей древостоев (высоты, диаметра и запаса) от их возраста выполнялся с использованием прикладного статистического пакета СТАТИСТИКА. Были проведены вычисления стандартных ошибок (σ), коэффициентов детерминации (R^2) и достоверность коэффициентов по критерию Стьюдента (t). При построении графиков и анализе исходных данных использовалась программа Microsoft Office Excel.

Необходимо подобрать уравнение регрессии, которое наиболее достоверно отражает ход роста исследуемого признака. Все таксационные показатели всех пород имеют криволинейные зависимости с возрастом. Теснота связи характеризуется коэффициентом детерминации (R^2). Чем выше значение коэффициента детерминации, тем адекватнее отображается связь между изучаемыми параметрами.

В разнотравном типе леса для выравнивания зависимости средних высоты и диаметра культур сосны от их возраста применялась степенная функция. Для динамики запаса предпочтительнее оказался полином 2-го порядка.

В ягодниковом типе леса для определения средней высоты и запаса в зависимости от возраста лучше всего подошла логарифмическая функция. Для определения среднего диаметра в зависимости от возраста использовался полином 2-ой степени.

На рис. 9 и 10 приведены зависимости средних значений высоты древостоев от их среднего возраста с уравнением тренда, линией регрессии и значением коэффициента детерминации R^2 для лесных культур в изучаемых типах леса – сосняк разнотравный (Сртр) и сосняк ягодниковый (Сяг).

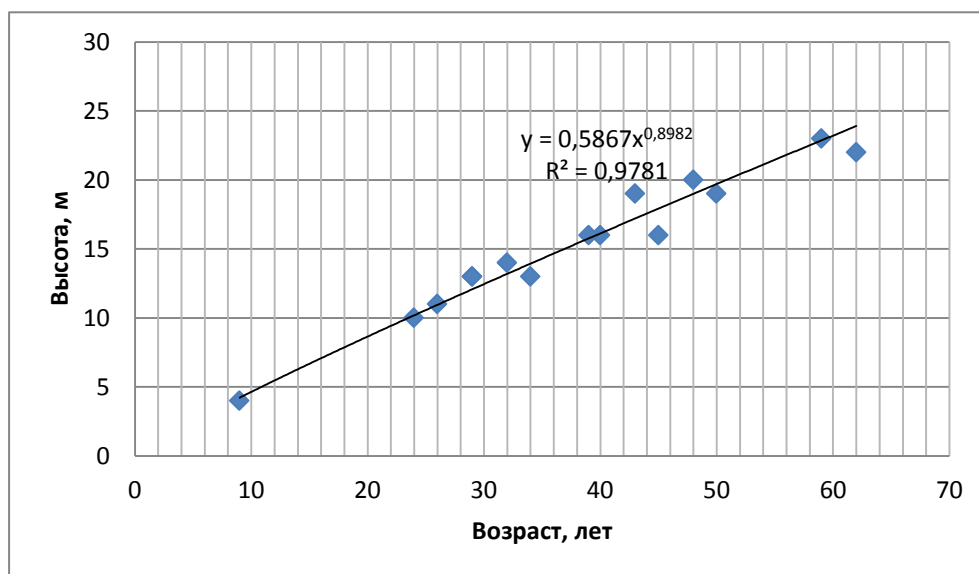


Рис. 9. Зависимость средних высот культур сосны от возраста в типе леса сосняк разнотравный (Сртр)

Высокое значение коэффициентов детерминации подтверждает корректность полученных уравнений. Используя данные уравнения, мы рассчитали средние высоты по пятилетиям возраста древостоя, которые представлены в табл. 5.

На рис. 11 и 12 отображены графики зависимости средних значений диаметра от среднего возраста для исследуемых типов с линией регрессии, значением коэффициента детерминации и уравнением тренда.

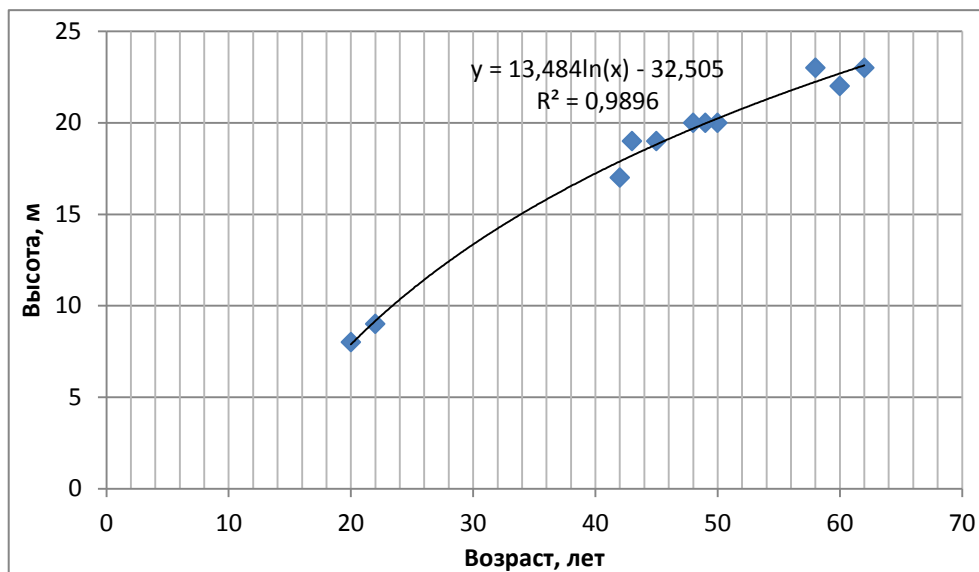


Рис. 10. Зависимость средних высот культур сосны от возраста в типе леса сосняк ягодниковый (Сяг)

Значения коэффициентов детерминации R^2 указывают на то, что полученные уравнения приемлемы. В обоих исследуемых типах леса коэффициенты детерминации уравнения зависимости среднего диаметра от среднего возраста несколько ниже, чем средней высоты.

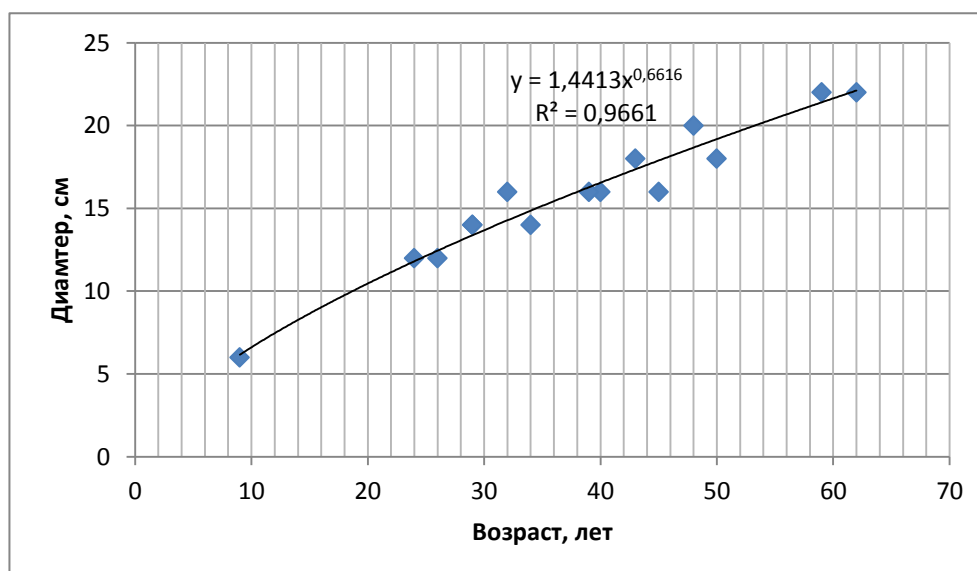


Рис. 11. Зависимость средних диаметров культур сосны от возраста в типе леса сосняк разнотравный (Сртр)

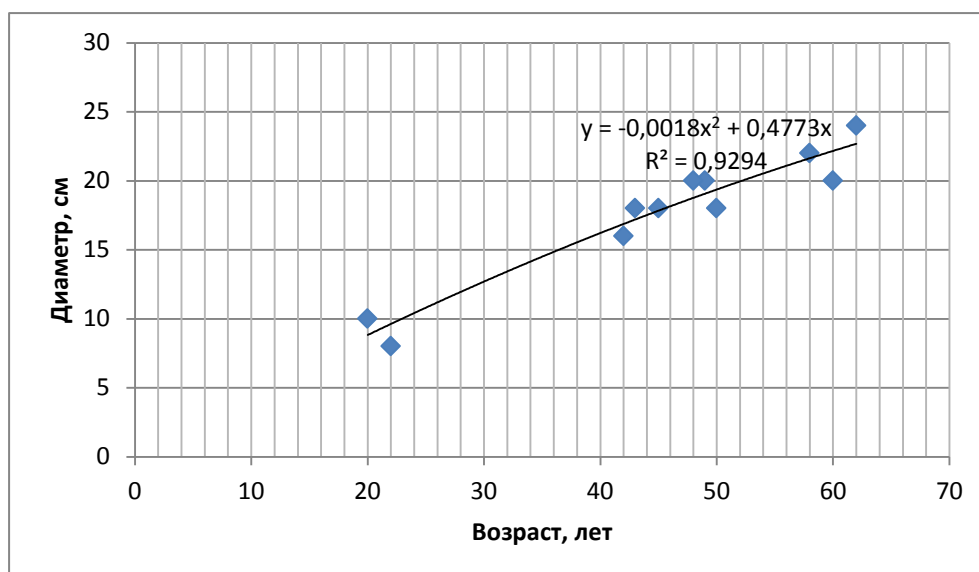


Рис. 12. Зависимость средних диаметров сосны от возраста в типе леса сосняк ягодниковый (Сяг)

По данным уравнениям были рассчитаны средние диаметры по пятилетиям возраста, которые отражены в табл. 5.

Для лесных культур в исследуемых типах леса (Сртр и Сяг) на графиках 13 и 14 приведены зависимости значений запасов древостоев от их среднего возраста.

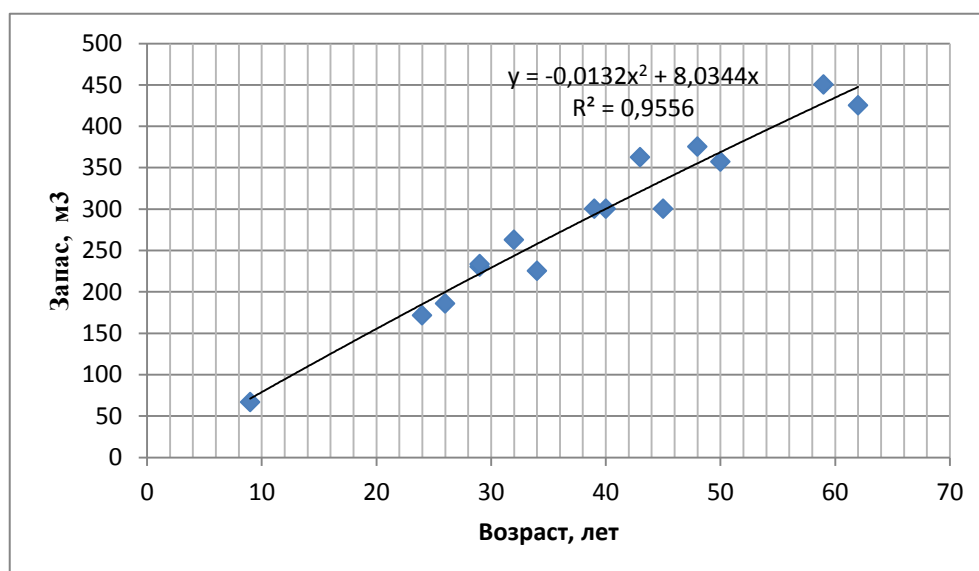


Рис. 13. Зависимость запаса культур сосны от возраста в типе леса сосняк разнотравный (Сртр)

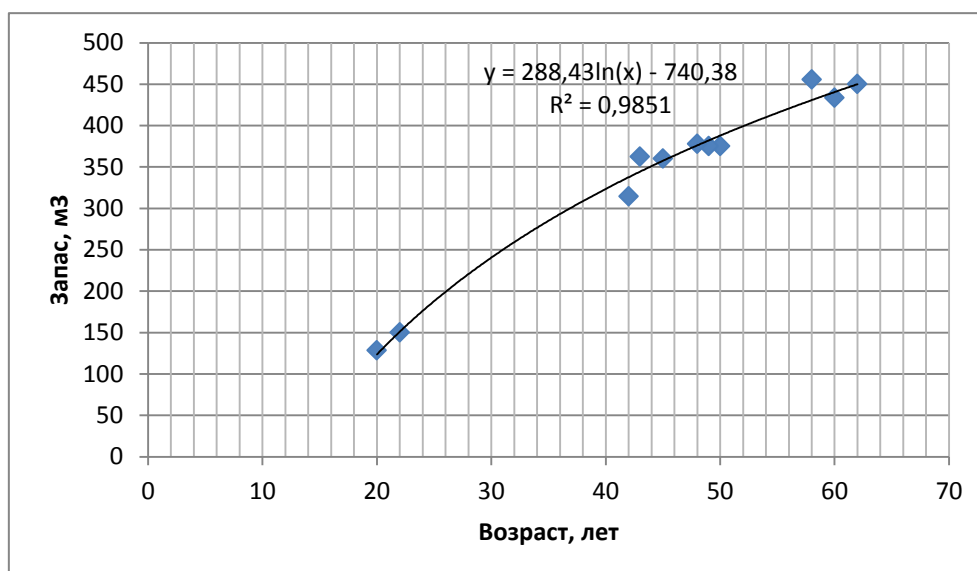


Рис. 14. Зависимость запаса культур сосны от возраста в типе леса сосняк ягодниковый (Сяг)

Высокие значения коэффициента детерминации ($> 0,9$ в обоих типах леса) свидетельствуют о правильности разработанных уравнений.

Проверка по критерию Стьюдента (t) на 5 %-ном уровне значимости подтверждает достоверность всех коэффициентов регрессии. Разработанные уравнения обеспечивают высокую точность при оценке основных таксационных показателей в исследуемых типах леса, что подтверждается низкими значениями ошибок уравнения и высокими коэффициентами детерминации. На основе этого можно сделать вывод, что полученные уравнения отражают естественные процессы роста лесных культур.

В табл. 4 приведены уравнения, полученные на основе наших экспериментальных данных.

Таблица 4

Уравнения зависимости средних высоты, диаметра и запаса культур сосны от среднего возраста

Вид зависимости	Тип леса	Уравнение	R^2	Ошибка уравнения σ
Зависимость высоты от возраста	Сртр	$y = 0,5867x^{0,8982}$	0,9781	0,27
	Сяг	$y = 13,484\ln(x) - 32,505$	0,9896	0,16

Окончание табл. 4

Вид зависимости	Тип леса	Уравнение	R^2	Ошибка уравнения σ
Зависимость диаметра от возраста	Сртр	$y = 1,4413x^{0,6616}$	0,9661	0,25
	Сяг	$y = -0,0018x^2 + 0,4773x$	0,9294	0,39
Зависимость запаса от возраста	Сртр	$y = -0,0132x^2 + 8,0344x$	0,9556	5,57
	Сяг	$y = 288,43\ln(x) - 740,38$	0,9851	4,04

По величине коэффициента детерминации (R^2) и стандартной ошибки уравнения (σ) из табл. 4 следует, что полученные нами модели являются вполне приемлемыми для оценки возрастной динамики запаса, высоты и диаметра исследуемых искусственных древостоев сосны.

5.4. Анализ хода роста древостоев по основным таксационным показателям

Полученные графоаналитическим методом уравнения являются основой для составления таблиц хода роста. По уравнениям с заданными значениями возраста определяются средние значения высоты, диаметра и запаса древостоя отдельно для каждого типа леса.

Полученные расчетным путем показатели проверены построением графиков во избежание грубых ошибок.

Среднее и текущее изменение запаса определялось расчетным путем. Разработанные по описанной выше методике эскизы таблиц хода роста сосновых древостоев искусственного происхождения в исследуемых типах леса приведены в табл. 5.

Данные возрастной динамики таксационных показателей культур сосны в разных типах леса свидетельствуют о том, что в изучаемых типах леса ход роста древостоев несколько отличается. Используя эти данные, мы можем выбрать лучшие условия для создания лесных культур в будущем.

Таблица 5

Возрастная динамика средних таксационных показателей культур сосны

Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Запас, м³	Изменение запаса, м³	
				Среднее	Текущее
Сосняк разнотравный					
20	8,1	9,1	130	6,5	
25	11,0	11,2	198	7,9	13,6
30	13,6	13,6	266	8,9	13,6
35	15,7	15,8	327	9,3	12,2
40	17,6	17,8	380	9,5	10,6
45	19,2	19,6	423	9,4	8,6
50	20,7	21,2	458	9,2	7,0
55	22,1	22,7	487	8,9	5,8
60	23,3	24,1	510	8,5	4,6
65	24,4	25,4	529	8,1	3,8
Сосняк ягодниковый					
20	7,9	8,6	124	6,2	
25	10,9	10,8	188	7,5	12,9
30	13,4	12,7	241	8,0	10,5
35	15,4	14,5	285	8,1	8,9
40	17,2	16,2	324	8,1	7,7
45	18,8	17,8	358	7,9	6,8
50	20,2	19,4	388	7,8	6,1
55	21,5	20,8	415	7,6	5,5
60	22,7	22,2	441	7,3	5,0
65	23,8	23,4	464	7,1	4,6

Основной задачей всякого исследования роста и развития древостоев в различных типах леса одного лесорастительного района является сравнение динамики таксационных показателей с точки зрения выбора наилучших условий произрастания для данной породы, чтобы иметь возможность применить результаты данного анализа в лесохозяйственной практике, в частности, при создании лесных культур.

В связи с этим нами был проведен сравнительный анализ полученных данных динамики таксационных показателей для двух исследуемых типов леса – сосняк разнотравный (Сртр) и сосняк ягодниковый (Сяг).

В табл. 6 приведен сравнительный анализ роста искусственных древостоев сосны по высоте в исследуемых типах леса.

Таблица 6

Сравнительный анализ роста лесных культур сосны по высоте

Возраст, лет	Высота по типам леса, м		Различия, %
	Сртр	Сяг	
20	8,1	7,9	-2,5
25	11,0	10,9	-0,9
30	13,6	13,4	-1,5
35	15,7	15,4	-1,9
40	17,6	17,2	-2,3
45	19,2	18,8	-2,1
50	20,7	20,2	-2,4
55	22,1	21,5	-2,7
60	23,3	22,7	-2,6
65	24,4	23,8	-2,5

Согласно данным табл. 6 лесные культуры в типе леса сосняк ягодниковый немного отстают в росте от древостоя в типе леса сосняк разнотравный.

Наглядно особенности роста древостоев сосны по высоте в исследуемых типах леса отражены в графике на рис. 15.

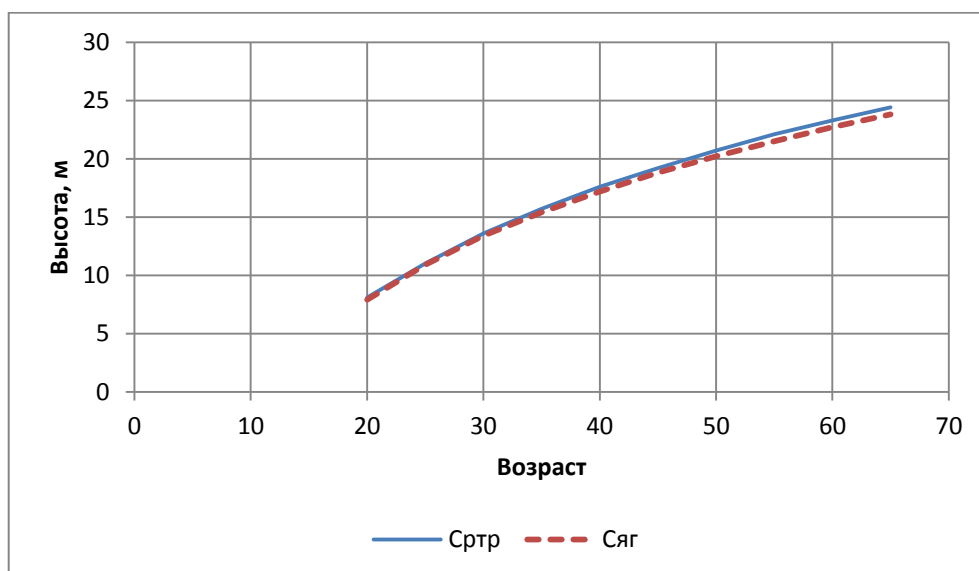


Рис. 15. Зависимость высот древостоев от возраста в исследуемых типах леса

Результаты сравнительного анализа роста древостоев сосны по диаметру приведены в табл. 7.

Таблица 7

Сравнительный анализ роста древостоев по диаметру

Возраст	Диаметр по типам леса		Различия в %
	Сртр	Сяг	
20	9,1	8,6	-5,5
25	11,2	10,8	-3,5
30	13,6	12,7	-6,6
35	15,8	14,5	-8,2
40	17,8	16,2	-8,9
45	19,6	17,8	-9,0
50	21,2	19,4	-8,7
55	22,7	20,8	-8,3
60	24,1	22,2	-8,1
65	25,4	23,4	-7,8

По таблице сравнительного анализа роста диаметра древостоев мы можем сделать вывод, что в типе леса сосняк ягодниковый деревья чуть больше отстают по значениям диаметра, чем по высоте. Диапазон различий в разных возрастах варьирует от -3% до -9 %.

Более наглядно особенности роста культур сосны по диаметру в исследуемых типах леса показаны на рис. 16.

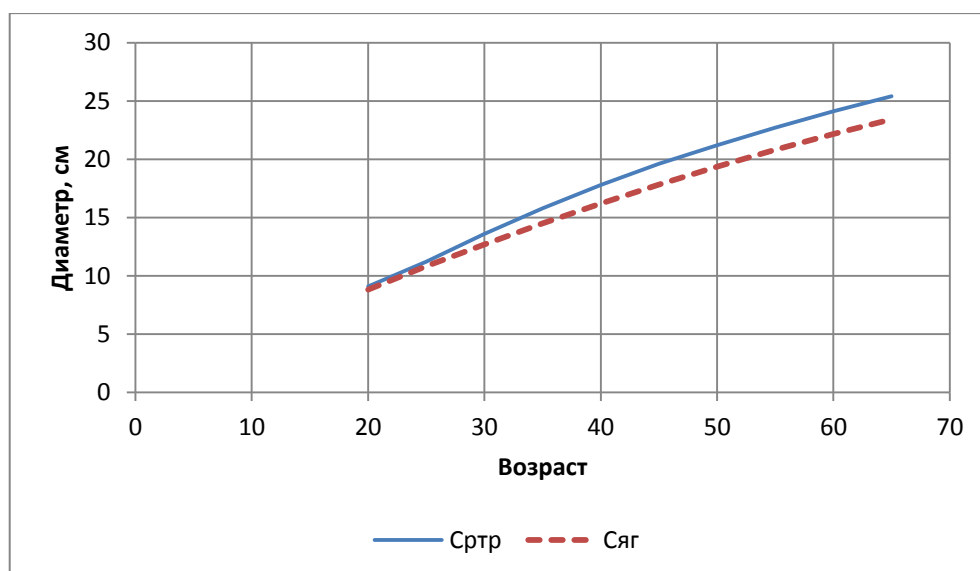


Рис. 16. Зависимость диаметров древостоев от возраста в исследуемых типах леса

Результаты сравнительного анализа роста культур сосны по запасу приведены в табл. 8.

Таблица 8

Сравнительный анализ роста древостоев по запасу

Возраст	Запас по типам леса		Различия в %
	Сртр	Сяг	
20	130	124	-4,9
25	198	188	-5,0
30	266	241	-9,5
35	327	285	-12,8
40	380	324	-14,8
45	423	358	-15,5
50	458	388	-15,3
55	487	415	-14,7
60	510	441	-13,6
65	529	464	-12,4

По табл. 8 видно, что культуры сосны в ягодниковом типе леса сильно отстают по запасу от древостоев типа леса сосняк разнотравный. Разница имеет отрицательные значения в диапазоне от -4,9 % до -15,5 %. Это обусловлено лучшими почвенно-гидрологическими условиями в типе леса сосняк разнотравный. Под сосняками разнотравными, приуроченными к нижним частям склонов и относительно ровным местоположениям, формируются более богатые дерново-подзолистые почвы. В них происходит самое интенсивное разложение лесной подстилки с наибольшим содержанием быстроразлагающихся фракций. К тому же сосняк разнотравный характеризуется наиболее устойчивым режимом почвенной влажности, меньшим нагреванием в дневные часы и более медленным охлаждением в вечернее время.

Таким образом, наиболее благоприятные условия для роста и развития древостоев складываются в сосняке разнотравном.

Наглядно зависимость запасов от возраста в исследуемых типах леса показана на рис. 17.

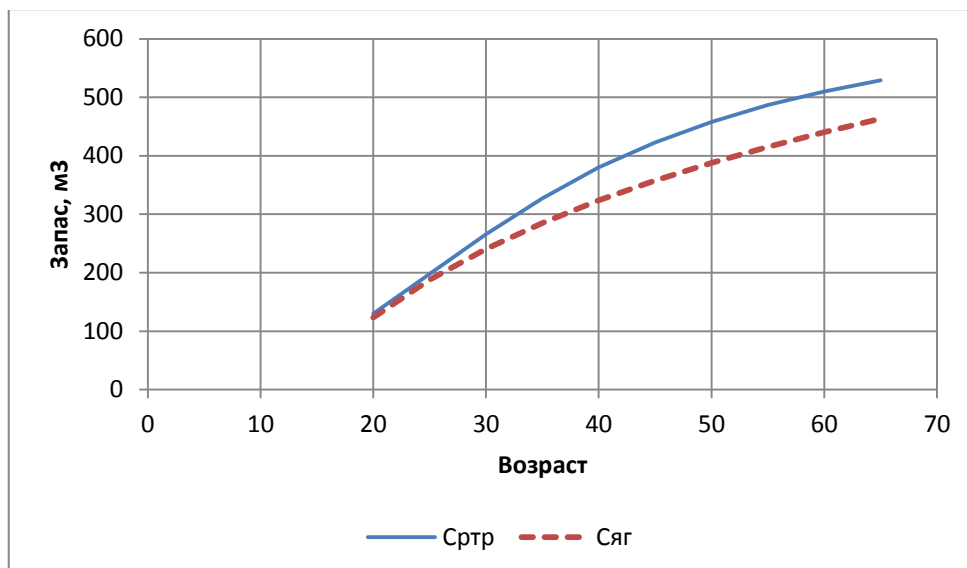


Рис. 17. Зависимость запасов древостоев от возраста в исследуемых типах леса

Согласно данным таблиц 6–8, мы можем сделать вывод, что лесные культуры сосны в типе леса сосняк разнотравный обладают лучшими таксационными характеристиками (диаметр, высота, запас), чем культуры сосны в типе леса сосняк ягодниковый. Это обусловлено лучшими почвенно-гидрологическими и климатическими условиями в сосняке разнотравном. Рост и развитие насаждений определяется комплексом природных факторов, среди которых основными являются климатические (микроклимат почв в том числе) и почвенные. Особенно существенно влияние климатических и почвенных условий на молодые насаждения. Общей закономерностью различий хода роста древостоев по основным таксационным показателям между типами леса следует признать быстрый рост в молодом возрасте и более заметное падение интенсивности прироста с увеличением возраста в лучших почвенных и климатических условиях.

5.5. Сравнительный анализ полученных эскизов таблиц хода роста

Главный интерес в подобных исследованиях представляет сравнение полученных эскизов ТХР с имеющимися ТХР для древостоев соответствующих классов бонитета в сходных лесорастительных условиях. Это дает возможность выявить преимущества и недостатки полученных эскизов ТХР и выработать стратегию лесохозяйственного производства.

Нами для сравнения были отобраны полученные эскизы таблицы хода роста для сосновых культур ягодникового типа леса. Из множества имеющихся ТХР мы выбрали таблицы, разработанные в 1952 году Д. А. Миловановичем для сомкнутых сосновых насаждений Среднего Урала, а также ТХР, разработанные в 2002 году А. Н. Лобановым, С. В. Залесовым и А. Н. Луганским для не пройденных рубками ухода искусственных сосняков в типе леса сосняк ягодниковый в подзоне южной тайги (Залесов и др., 2002).

Результаты сравнительного анализа приведены в табл. 9–11 и на рис. 18–20.

Можно отметить, что лесные культуры сосны в районе исследований отличаются большими значениями среднего диаметра, чем естественные древостои сосны соответствующего класса бонитета по Д. А. Миловановичу. Наибольшие различия по этому показателю наблюдаются в 20-летнем возрасте (20,7 %). С возрастом они закономерно снижаются.

Различия с данными ТХР А. Н. Лобанова с соав. менее значительны и не превышают 1 % в возрасте старше 50 лет, что объясняется тем, что они разрабатывались для сосняков искусственного происхождения в сходных лесорастительных условиях.

Таблица 9

Отклонения среднего диаметра культур сосны
от данных существующих ТХР в типе леса сосняк ягодниковый

Возраст, лет	Диаметр, см				
	Сяг	по Миловановичу	Различия, %	по Лобанову с соавт.	Различия, %
20	8,6	7,0	18,6	7,1	17,4
25	10,8			9,5	12,1
30	12,7	10,4	18,1	11,8	7,1
35	14,5			13,9	4,1
40	16,2	13,8	14,9	15,8	2,5
45	17,8			17,5	1,9
50	19,4	17,2	11,2	19,2	0,9
55	20,8			20,6	1,0
60	22,2	20,6	7,0	22	0,7
65	23,4			23,2	0,9

Систематическая ошибка наших данных в сравнении с таблицами Д. А. Миловановича составляет 14,0 %, что является неудовлетворительным. С ТХР Лобанова с соав. 4,9 %, что является вполне приемлемым (не превышает 5 %).

Сравнение хода роста культур сосны по диаметру более наглядно показано на рис. 18.

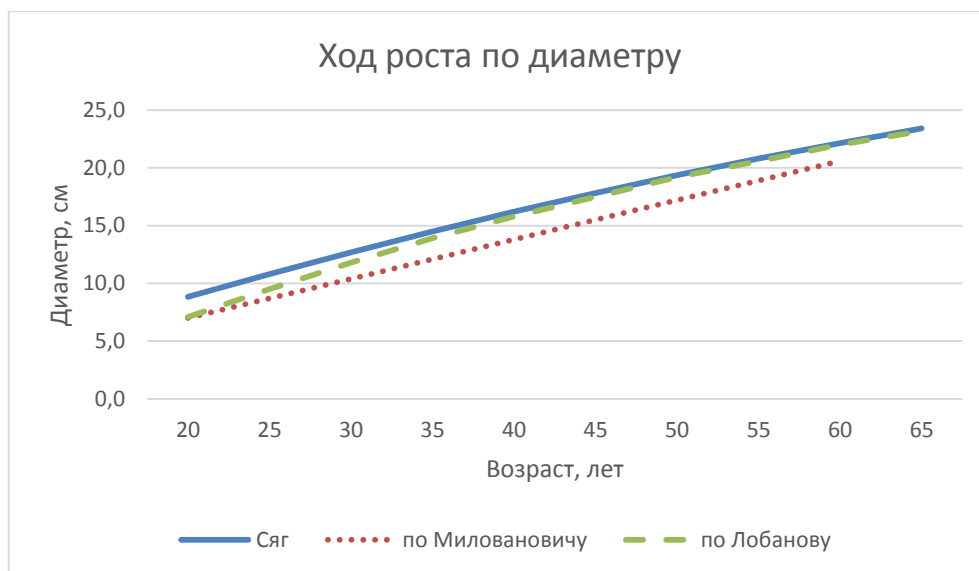


Рис. 18. Сравнение хода роста сосновых древостоев по диаметру в сосняке ягодниковом и в ТХР А. Н. Лобанова с соав. и Д. А. Миловановича

Таблица 10

Отклонения средней высоты культур сосны в типе леса сосняк ягодниковый от данных существующих ТХР

Возраст, лет	Высота, м				
	Сяг	по Миловановичу	Различия, %	по Лобанову с соавт.	Различия, %
20	7,9	8,4	-6,5	7,4	6,2
25	10,9			10,4	4,6
30	13,4	12,5	6,4	13,10	1,9
35	15,4			15,3	0,9
40	17,2	16,4	4,8	17,3	-0,4
45	18,8			19,0	-0,9
50	20,2	19,3	4,7	20,5	-1,3
55	21,5			21,8	-1,3
60	22,7	21,7	4,4	22,9	-0,9
65	23,8			23,9	-0,5

По высоте отличие от обеих существующих ТХР незначительно. Так наблюдается отставание полученных нами данных для сосняка ягодникового в возрасте до 20 лет от данных по Д. А. Миловановичу на 6,5 %. Затем наши значения начинают превышать также на 5–6 %. В сравнении с данными по А. Н. Лобанову с соав. высота исследуемого древостоя в раннем возрасте (20 лет) больше на 6,2%, но в последующем отстает до 1,3 % в возрасте 50–55 лет.

Систематические ошибки находятся в рамках допустимых значений: 0,8 % в сравнении с ТХР Лобанова с соав., 2,8% – с ТХР Миловановича. Это объясняется меньшей изменчивостью высот деревьев в древостое в сравнении с диаметром.

Более наглядно сравнение значений средней высоты древостоев приведено на рис. 19.

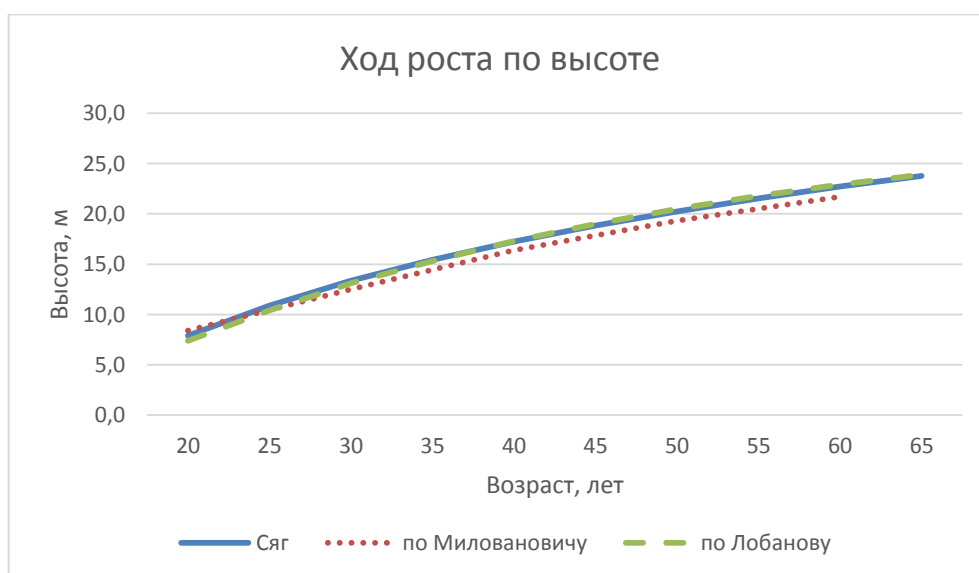


Рис. 19. Сравнение хода роста культур сосны по высоте в сосняке ягодниковом и в ТХР А. Н. Лобанова с соав. и Д. А. Миловановича

При сравнении запасов (табл. 11) наблюдается несколько другая картина. В сравнении с ТХР по Д. А. Миловановичу, запас в исследуемом типе леса сосняк ягодниковый значительно выше (от 30,5 % в возрасте 20 лет до 21 % в возрасте 60 лет). Стоит отметить, что запас исследуемых сосновых древостоев искусственного происхождения вполне может превышать значения для естественных древостоев, которые в натуральных условиях, как правило, отличаются меньшей полнотой.

Систематическая ошибка при сравнении с ТХР Д. А. Миловановича составляет 28,8 %, что является неприемлемым.

Сравнивая наши данные с ТХР по А. Н. Лобанову с соав. можно отметить что запас культур исследуемого типа леса больше в возрасте до 35 лет, затем этот показатель меняется в обратную сторону показывая отрицательное значение до -15,3 % в возрасте 55 лет.

Таблица 11

Отклонения запаса культур сосны в типе леса сосняк
ягодниковый от данных существующих ТХР

Возраст, лет	Запас, м ³				
	Сяг	по Мило- вановичу	Различия, %	по Лобанову с соавт.	Различия, %
20	124	86	30,5	108	12,7
25	188			156	17,0
30	241	150	37,7	215	10,7
35	285			281	1,4
40	324	228	29,5	345	-6,6
45	358			402	-12,4
50	388	290	25,3	446	-15,0
55	415			479	-15,3
60	441	348	21,0	501	-13,7
65	464			516	-11,3

Систематическая ошибка составляет минус 3,3 %, т.е. находится в пределах нормы, что свидетельствует о том, что сосняки искусственного происхождения региона Среднего Урала характеризуются примерно одинаковым ходом роста, что подтверждается примерно схожими значениями запаса в одинаковом возрасте.

Более наглядно сравнение значений запаса древостоев приведено на рис. 20.

Таким образом, ход роста культур сосны в регионе исследований резко отличается от хода роста нормальных сосняков, приведенных в таблице Д. А. Миловановича. Данные таблицы можно использовать только для значений средней высоты культур сосны одного класса бонитета.

С таблицами А. Н. Лобанова с соав. различия не так существенны, что объясняется тем, что они разрабатывались для искусственных сосняков в схожих лесорастительных условиях.

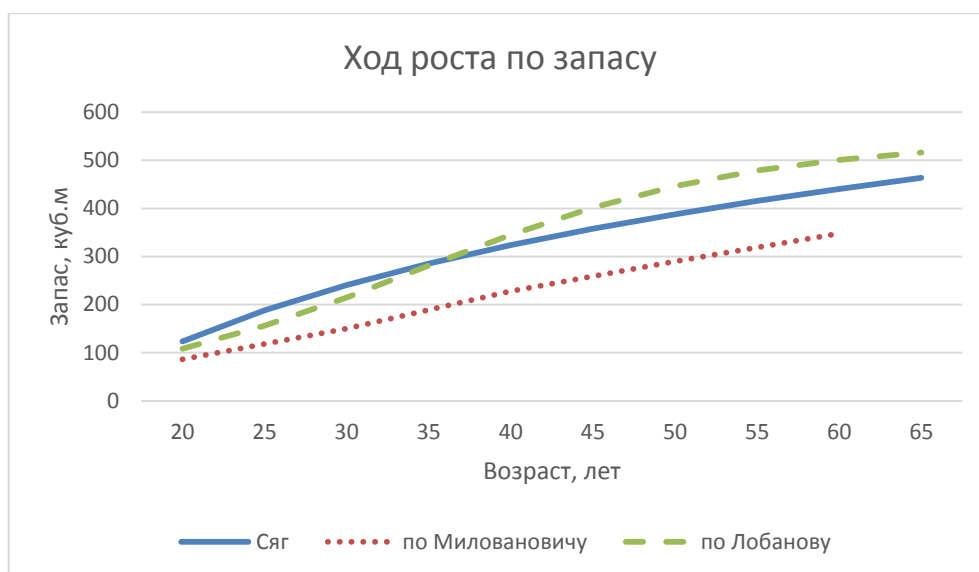


Рис. 20. Сравнение хода роста древостоев сосны по запасу в сосняке ягодниковом и в ТХР А. Н. Лобанова с соав. и Д. А. Миловановича

По результатам анализа всех полученных данных можно сделать следующие выводы.

1. В районе исследования достаточно благоприятные условия для произрастания насаждений сосны, что подтверждается большими территориями лесной площади, занятыми сосной.

2. При лесоустроительных работах применяются нормативы, составленные для естественных насаждений, вследствие чего допускаются погрешности при оценке и учете лесных культур и неточности таксационных работ. Неверная оценка роста и продуктивности культур сосны приводит к ошибочному назначению лесохозяйственных мероприятий.

3. Подход к изучению особенностей роста древостоев на основе материалов массовой таксации требует меньших временных и материальных затрат на составление нормативов и обеспечивает при этом достаточную точность.

5. Зависимость средних значений высоты, диаметра и запаса от возраста корректно описывается уравнениями полиномиальной регрессии второго порядка, степенной и логарифмической функциями.

6. Культуры сосны в исследуемых типах леса различаются ходом роста и развития не очень значительно. Тем не менее, древостои в типе леса сосняк разнотравный имеют лучшие таксационные показатели, чем древостои в типе леса сосняк ягодниковый. Наибольшие различия выявлены по диаметру и запасу.

7. Ход роста лесных культур сосны отличается от хода роста естественных древостоев в схожих лесорастительных условиях.

Сравнивая с данными ТХР по А. Д. Миловановичу, культуры сосны стабильно опережают естественные насаждения по всем характеристикам.

В сравнении с ТХР по А. Н. Лобанову с соавт. картина иная. Показатели высоты культур сосны в исследуемом районе максимально приближены к показателям из таблиц А. Н. Лобанова. По диаметру искусственные насаждения опережают естественные до 20 % в возрасте до 20 лет. В возрасте от 50 лет и старше эти показатели имеют различие не более 1 %. По запасу культуры сосны опережают естественные древостои до 17 % в возрасте 25 лет, затем разница выравнивается к 35 годам и с увеличением возраста приобретает отрицательные значения с разницей до -15 % в возрасте 50 лет.

8. Приведенные материалы свидетельствуют о том, что ход роста искусственных древостоев сосны отличается от хода роста естественных сосняков. Такое положение обуславливается рядом факторов: первоначальной густотой (культуры сосны имеют меньшую густоту, что сказывается на большем значении высоты и особенно диаметра в молодняках), качеством посадочного материала и т.д.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица 1

Ход роста нормальных сосновых насаждений (автор – проф. А.В. Тюрин, 1952)

Господствующий ярус										Подчиненный ярус				Все насаждение в целом, м³				% текущего прироста
Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Число стволов, шт.	Сумма площадей сечений, м²	Запас, м³			Прирост всей древесины, м³		Видовое число (0,001)		запас, м³	сумма промежуточной, м³	число стволов, шт.	Общая производительность	Общий прирост		
					стволов	сучьев	всей древесины	средний	текущий	ствола	всего дерева					средний	текущий	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Класс бонитета Ia																		
20	9,6	9,6	3330	14,3	12	36	148	7,4	-	80	635	8	8	-	156	7,8	-	-
30	14,3	14,5	2050	33,8	224	49	273	9,1	12,5	463	565	34	42	1300	315	10,5	15,9	7,6
40	18,4	19,0	1430	40,6	339	57	396	9,9	12,3	453	530	46	88	620	484	12,1	16,9	5,1
50	22,2	23,3	1055	45,0	447	64	511	10,2	11,5	448	512	45	133	375	644	12,9	16,0	3,5
60	25,3	27,2	820	47,9	538	69	607	10,1	9,6	444	501	45	178	235	785	13,1	14,1	2,5
70	27,9	30,8	670	50,0	616	72	688	9,8	8,1	441	493	43	221	150	909	13,0	12,4	1,9
80	30,0	34,1	562	51,4	680	72	752	9,4	6,4	440	487	42	263	108	1015	12,7	10,6	1,5
90	31,9	37,2	483	52,6	736	74	810	9,0	5,8	439	483	37	300	79	1110	12,4	9,5	1,2
100	33,6	40,0	423	53,3	785	75	860	8,6	5,0	437	480	34	334	60	1194	11,9	8,4	1,0
110	34,8	42,4	384	54,2	825	77	902	8,2	4,2	436	478	29	363	39	1265	11,5	7,1	0,8
120	36,0	44,5	350	54,6	857	80	937	7,7	3,5	436	477	27	390	34	1327	11,1	6,2	0,7

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
130	36,8	46,0	331	55,0	881	80	961	7,4	2,4	436	475	27	417	19	1378	10,6	5,1	0,5
140	37,5	47,0	317	55,0	895	80	975	7,0	1,4	436	475	28	445	14	1420	10,1	4,2	0,4
Класс бонитета I																		
20	8,4	8,4	3970	22,0	91	31	122	6,1	-	492	663	5	5	-	127	6,3	-	-
30	12,3	12,6	2400	30,0	176	44	220	7,3	9,8	477	596	34	39	1570	259	8,6	13,2	7,7
40	16,2	16,6	1640	35,4	267	50	317	7,9	9,7	466	554	46	85	760	402	10,0	14,3	5,3
50	19,6	20,4	1200	39,2	353	55	408	8,1	9,1	460	531	48	133	440	541	10,8	13,9	3,8
60	22,4	23,8	935	41,7	426	59	485	8,1	7,7	456	519	44	177	265	662	11,0	12,1	2,7
70	24,8	27,0	760	43,5	487	62	549	7,8	6,4	452	509	41	218	175	767	11,0	10,5	2,0
80	26,7	30,2	625	44,9	540	63	603	7,5	5,4	450	503	39	257	135	860	10,8	9,3	1,6
90	28,4	33,0	536	46,0	585	65	650	7,2	4,7	449	500	35	292	89	942	10,5	8,2	1,3
100	29,9	35,5	470	46,7	625	65	690	6,9	4,0	448	495		325	66	1015	10,1	7,3	1,1
110	31,0	37,6	426	47,4	660	65	725	6,6	3,5	448	493	30	351	44	1076	9,8	6,1	0,9
120	32,0	39,4	392	47,9	684	67	751	6,3	2,6	447	491	27	378	34	1129	9,4	5,3	0,7
130	32,7	40,8	368	48,2	705	66	771	5,9	2,0	447	489	25	403	24	1174	9,1	4,5	0,6
140	33,3	41,8	353	48,4	716	67	783	5,6	1,2	447	489	25	428	15	1211	8,7	3,7	0,5
Класс бонитета II																		
20	7,2	7,2	4800	19,6	72	31	103	5,1	-	517	731	-	-	-	103	5,1	-	-
30	10,6	10,8	2800	25,7	136	37	173	5,8	7,0	499	636	34	34	2000	207	6,9	10,4	7,6
40	14,0	14,2	1940	30,2	208	41	249	6,2	7,6	490	590	46	80	860	329	8,2	12,2	5,8
50	17,0	17,5	1340	33,3	274	50	324	6,5	7,5	483	572	45	125	600	449	9,0	12,0	4,2
60	19,5	20,6	1070	35,6	332	56	388	6,5	6,4	478	558	42	167	270	555	9,2	10,6	3,0

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
70	21,7	23,4	860	37,2	383	59	442	6,3	5,4	473	547	39	206	210	648	9,3	9,3	2,2
80	23,4	26,0	725	38,6	426	60	486	6,1	4,4	470	538	38	244	135	730	9,1	8,2	1,8
90	24,9	28,4	625	39,6	463	60	523	5,8	3,7	468	531	36	280	100	803	8,9	7,3	1,5
100	26,2	30,6	550	40,4	494	61	555	5,5	3,2	467	525	32	312	75	867	8,7	6,4	1,2
110	27,2	32,6	490	41,1	520	61	581	5,3	2,6	466	519	28	340	60	921	8,4	5,4	1,0
120	28,0	34,3	450	41,6	542	60	602	5,0	2,1,	465	517	24	364	40	966	8,0	4,5	0,8
130	28,6	35,6	420	42,0	558	61	619	4,8	1,7	465	517	21	385	30	1004	7,7	3,8	0,6
140	29,1	36,6	400	42,2	570	62	632	4,5	1,3	465	517	19	404	20	1036	7,4	3,2	0,5
Класс бонитета III																		
20	5,6	5,9	6200	17,0	52	23	75	3,7	-	541	785	-	-	-	75	3,7	-	-
30	8,7	8,8	3650	22,2	100	30	130	4,3	5,5	518	674	24	24	2550	154	5,1	7,9	7,8
40	11,7	11,8	2400	26,2	154	32	186	4,6	5,6	502	608	44	68	1250	254	6,3	10,0	6,3
50	14,3	14,5	1760	29,0	206	37	243	4,9	5,7	496	587	44	112	640	355	7,1	10,1	4,7
60	16,5	17,2	1340	31,1	251	42	293	4,9	5,0	490	570	42	154	420	447	7,5	9,2	3,4
70	18,5	19,5	1080	32,4	290	44	334	4,8	4,1	486	558	42	196	260	530	7,6	8,3	2,6
80	20,0	21,8	905	33,7	325	46	371	4,6	3,7	483	550	37	233	175	604	7,6	7,4	2,1
90	21,4	24,1	760	34,6	354	47	401	4,5	3,0	481	541	35	268	145	669	7,4	6,5	1,7
100	22,5	26,1	660	35,3	380	48	428	4,3	2,7	480	539	30	298	100	726	7,3	5,7	1,4
110	23,4	27,9	585	35,9	402	48	450	4,1	2,2	479	537	26	324	75	774	7,0	4,8	1,1
120	24,0	29,4	535	36,4	418	47	465	3,9	1,5	479	531	24	348	50	813	6,8	3,9	0,9
130	24,6	30,7	495	36,8	432	48	480	3,7	1,5	479	531	17	365	40	845	6,5	3,2	0,7
140	25,0	31,6	470	37,0	442	47	489	3,5	0,9	479	531	17	382	25	871	6,2	2,6	0,5

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Класс бонитета IV																		
20	4,7	4,5	8900	14,2	38	15	53	2,6	-	570	800	-	-	-	53	2,6	-	-
30	7,2	7,0	4860	18,7	72	28	100	3,3	4,7	534	74	10	10	4040	110	3,7	5,7	7,6
40	9,6	9,3	3300	22,4	112	30	142	3,5	4,2	518	661	37	47	1560	189	4,7	7,9	6,5
50	11,8	11,6	2420	25,5	153	33	186	3,7	4,4	510	619	35	82	1080	268	5,4	7,9	4,8
60	13,8	13,8	1850	27,7	193	35	228	3,8	4,2	504	598	33	115	570	343	5,7	7,5	3,6
70	15,4	15,9	1470	29,2	224	39	263	3,8	3,5	500	588	33	148	380	411	5,9	6,8	2,8
80	16,7	17,8	1220	30,4	251	42	293	3,7	3,0	496	579	31	179	250	472	5,9	6,1	2,2
90	17,8	19,6	1030	31,2	274	43	317	3,5	2,4	494	570	29	208	190	525	5,8	5,3	1,7
100	18,7	21,3	890	31,8	293	46	339	3,4	2,2	492	570	24	232	140	571	5,7	4,6	1,4
110	19,5	22,7	790	32,2	308	46	354	3,2	1,5	491	565	23	255	100	609	5,5	3,8	1,1
120	20,0	24,0	720	32,5	318	46	364	3,0	1,0	490	560	21	276	70	640	5,3	3,1	0,9
130	20,4	24,9	675	32,8	326	47	373	2,9	0,9	490	560	17	293	45	666	5,1	2,6	0,7
140	20,7	25,6	635	32,8	328	47	375	2,7	0,2	490	558	19	312	40	687	4,9	2,1	0,6
Класс бонитета V																		
20	3,5	3,2	14000	-	18	15	33	1,6	-	610	1096	-	-	-	33	1,6	-	-
30	5,4	5,2	6650	14,1	43	22	65	2,2	3,2	565	854	-	-	-	65	2,2	3,2	6,6
40	7,4	7,1	4880	19,3	77	23	100	2,5	3,5	540	702	25	25	1770	125	3,1	6,0	7,3
50	9,2	9,0	3540	22,5	109	27	138	2,8	3,8	529	668	26	51	1340	189	3,8	6,4	5,4
60	10,8	10,6	2820	24,9	141	33	174	2,9	3,6	522	648	24	75	720	249	4,2	6,0	3,8
70	12,3	12,2	2270	26,5	168	35	203	2,9	2,9	517	625	25	100	550	303	4,3	5,4	2,9
80	13,4	13,7	1880	27,7	191	35	226	2,8	2,3	513	608	24	124	390	350	4,4	4,7	2,2

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
90	14,3	15,1	1580	28,4	207	37	244	2,7	1,8	510	602	23	147	300	391	4,3	4,1	1,7
100	15,1	16,4	1370	28,9	221	37	258	2,6	1,4	508	593	22	169	210	427	4,3	3,6	1,4
110	15,6	17,5	1210	29,2	231	37	268	2,4	1,0	507	590	20	189	160	457	4,1	3,0	1,1
120	16,0	18,4	1100	29,4	238	37	275	2,3	0,7	507	585	18	207	110	482	4,0	2,5	0,9
Класс бонитета Va																		
90	2,2	1,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	3,8	3,2	14900	12,0	28	12	40	1,3	-	610	878	-	-	-	40	1,3	-	-
40	5,4	4,5	10400	16,5	51	21	72	1,7	3,2	572	810	3	3	4500	75	1,9	3,5	6,3
50	6,8	5,9	7300	20,0	75	28	103	1,9	3,1	552	758	7	10	3100	113	2,3	3,8	4,3
60	8,1	7,2	5500	22,4	98	32	130	2,0	2,7	543	722	12	22	1800	152	2,5	3,9	3,4
70	9,3	8,5	4230	24,1	121	33	154	2,1	2,4	537	688	14	36	1270	190	2,7	3,8	2,7
80	10,2	9,7	3420	25,3	137	37	174	2,1	2,0	531	674	15	51	810	225	2,8	3,5	2,1
90	10,9	10,8	2830	25,9	149	36	185	2,0	1,1	528	656	21	72	590	257	2,9	3,2	1,8
100	11,5	11,9	2350	26,2	158	37	195	1,9	1,0	526	648	16	88	480	283	2,8	2,6	1,4
110	11,9	12,7	2080	26,4	165	36	201	1,8	0,6	525	641	16	104	270	305	2,8	2,2	1,1
120	12,0	13,4	1870	26,4	167	35	202	1,6	0,1	524	641	18	122	210	324	2,7	0,9	0,9

Таблица 2

Ход роста сомкнутых сосновых насаждений на Среднем Урале (автор Д. А. Милованович, 1952)

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Число стволов, шт.	Сумма площадей сечений, м ²	Видовое число стволов (0,001)	Видовая высота, м	Запас стволовой древесины в коре, м ³	Изменение запаса, м ³	
								среднее	текущее
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Класс бонитета I									
20	8,4	7,0	4990	19,2	533	4,48	86	4,3	-
30	12,5	10,4	2825	24,0	500	6,25	150	5,0	6,4
40	16,4	13,8	1925	28,8	483	7,92	228	5,7	7,8
50	19,3	17,2	1395	32,4	464	8,95	290	5,8	6,2
60	21,7	20,6	1050	35,0	458	9,94	348	5,8	5,8
70	23,7	23,9	820	36,8	456	10,82	398	5,7	5,0
80	25,4	27,0	671	38,4	449	11,41	438	5,5	4,0
90	26,8	30,0	559	39,5	445	11,92	471	5,2	3,3
100	27,8	32,9	475	40,4	446	12,40	501	5,0	3,0
110	28,8	35,5	414	41,0	446	12,83	526	4,8	2,5
120	29,6	38,0	367	41,6	445	13,17	548	4,6	2,2
130	30,2	40,3	329	42,0	448	13,52	568	4,4	2,0
140	30,8	42,0	305	42,2	449	13,82	583	4,2	1,5
150	31,2	43,6	284	42,4	450	14,03	595	4,0	1,2
160	31,6	45,0	268	42,6	449	14,18	604	3,8	0,9
170	31,9	46,1	256	42,7	449	14,31	611	3,6	0,7

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
180	32,1	46,9	248	42,8	448	14,44	615	3,4	0,4
190	32,2	47,5	242	42,8R	448	14,44	618	3,2	0,3
200	32,3	48,0	236	42,8	448	14,49	620	3,1	0,2
220	32,5	48,8	228	42,7	450	14,61	624	2,8	0,2
240	32,7	49,4	221	42,4	450	14,72	624	2,6	0
250	32,8	49,8	217	42,2	451	14,79	624	2,5	0
Класс бонитета II									
20	7,0	5,8	6813	18,0	540	3,78	68	3,4	-
30	10,6	8,8	3551	21,6	520	5,32	115	3,8	4,7
40	13,8	11,6	2384	25,9	492	6,79	171	4,3	5,6
50	16,4	14,5	1744	28,8	487	7,99	230	4,6	5,9
60	18,8	17,1	1384	31,8	468	8,81	280	4,7	5,0
70	20,6	19,4	1147	33,9	467	9,62	326	4,7	4,6
80	22,2	21,7	963	35,6	468	10,3	370	4,6	4,4
90	23,4	23,9	820	36,8	469	10,98	404	4,5	3,4
100	24,4	26,0	714	37,9	469	11,45	434	4,3	3,0
110	25,3	28,0	629	38,7	468	11,83	458	4,2	2,4
120	26,0	30,1	552	39,3	468	12,1	478	4,0	2,0
130	26,6	32,1	492	39,8	469	12,4	496	3,8	1,8
140	27,2	34,0	443	40,2	466	12,6	510	3,6	1,4
150	27,6	35,8	403	40,6	468	12,9	524	3,5	1,4
160	27,9	37,2	375	40,8	468	13,0	533	3,3	0,9

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
170	28,1	38,4	352	40,8	471	13,2	540	3,2	0,7
180	28,3	39,5	334	40,9	472	13,3	546	3,0	0,6
190	25,5	40,5	318	41,0	471	13,4	550	2,9	0,4
200	28,6	41,2	308	41,0	472	13,5	554	2,8	0,4
220	28,8	42,0	295	40,9	475	13,6	559	2,5	0,25
240	29,0	42,7	285	40,8	475	13,7	562	2,3	0,15
250	29,0	43,0	281	40,8	475	13,7	562	2,2	0
Класс бонитета III									
20	5,9	5,2	7815	16,6	562	3,31	55	2,7	-
30	8,8	7,8	4186	20,0	523	4,60	92	3,1	3,7
40	11,4	10,2	2815	23,0	500	5,70	131	3,3	3,9
50	13,8	12,6	2085	26,0	493	6,81	177	3,5	4,6
60	16,0	14,8	1663	28,6	487	7,80	223	3,7	4,6
70	17,7	16,8	1403	31,1	476	8,42	262	3,7	3,9
80	19,1	18,8	1196	33,2	467	8,92	296	3,7	3,4
90	20,3	20,6	1041	34,7	467	9,43	327	3,6	3,1
100	21,2	22,4	911	35,9	467	9,91	356	3,5	2,9
110	22,2	24,2	800	36,8	466	10,3	381	3,5	2,5
120	22,9	25,8	715	37,4	468	10,7	401	3,3	2,0
130	23,4	27,3	648	37,9	470	11,0	417	3,2	1,6
140	23,8	28,6	598	38,4	471	11,2	430	3,1	1,3
150	24,2	29,7	557	38,6	474	11,4	443	3,0	1,3

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
160	24,5	30,8	521	38,8	475	11,6	452	2,8	0,9
170	24,7	31,8	491	39,0	479	11,8	461	2,7	0,9
180	24,9	32,7	466	39,1	482	11,9	469	2,6	0,8
190	25,1	33,6	442	39,2	484	12,1	476	2,5	0,7
200	25,2	34,3	424	39,2	488	12,3	482	2,4	0,6
220	25,4	35,4	399	39,3	492	12,4	491	2,2	0,45
240	25,6	36,2	382	39,3	491	12,5	494	2,1	0,15
250	25,6	36,4	377	39,2	492	12,6	494	2,0	0

Таблица 3

Ход роста не пройденных рубками естественных сосняков
(автор – А. Н. Лобанов, С. В. Залесов, Н. А. Луганский, 2002)

Возраст, лет	Средние		Сумма площадей сечений, м ² /га	Густота, шт./га	Видовое число	Запас стволовой древесины, м ³ /га	Текущий прирост, м ³ /га
	высота, м	диаметр, см					
1	2	3	4	5	6	7	8
Подзона средней тайги							
Сосняк брусничный							
20	9,9	7,2	21,4	5256	0,755	160	-
25	11,6	9,4	24,1	3473	0,719	201	8,2
30	13,1	11,3	26,2	2612	0,679	233	6,4
35	14,4	12,9	27,8	2127	0,642	257	4,8
40	15,5	14,2	29,1	1837	0,605	273	3,2
45	16,5	15,3	30,1	1637	0,572	284	2,2
50	17,3	16,3	30,8	1476	0,548	292	1,6
55	18,0	17,1	31,4	1367	0,526	297	1,0
60	18,7	17,8	31,8	1278	0,505	300	0,6
65	19,2	18,5	32,2	1198	0,489	302	0,4
70	19,7	19,0	32,5	1146	0,475	304	0,4
75	20,1	19,5	32,7	1095	0,464	305	0,2
80	20,5	20,0	32,8	1044	0,454	305	0,0
85	20,8	20,4	33,0	1010	0,446	306	0,2
90	21,1	20,8	33,0	971	0,440	306	0,0
95	21,3	21,1	33,1	947	0,434	306	0,0
100	21,5	21,4	33,2	923	0,429	306	0,0
105	21,7	21,7	33,2	898	0,425	306	0,0
110	21,8	21,9	33,3	884	0,422	306	0,0
115	22,0	22,2	33,3	860	0,418	306	0,0
120	22,1	22,4	33,3	845	0,416	306	0,0

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8
Сосняк ягодниковый							
20	7,8	7,0	22,0	5717	0,583	100	-
25	9,7	8,6	25,1	4321	0,555	135	7,0
30	11,3	10,1	27,7	3457	0,546	171	7,2
35	12,8	11,5	29,7	2859	0,542	206	7,0
40	14,2	12,9	31,4	2402	0,536	239	6,6
45	15,4	14,2	32,8	2071	0,531	268	5,8
50	16,5	15,5	33,9	1797	0,527	295	5,4
55	17,5	16,7	34,7	1584	0,522	317	4,4
60	18,3	17,8	35,5	1427	0,517	336	3,8
65	19,1	18,9	36,0	1283	0,512	352	3,2
70	19,8	19,9	36,5	1174	0,506	366	2,8
75	20,5	20,9	36,9	1076	0,497	376	2,0
80	21,0	21,9	37,2	988	0,493	385	1,8
85	21,5	22,8	37,4	916	0,488	392	1,4
90	22,0	23,7	37,6	852	0,481	398	1,2
95	22,4	24,5	37,8	802	0,476	403	1,0
100	22,7	25,3	37,9	754	0,472	406	0,6
105	23,1	26,1	38,0	710	0,466	409	0,6
110	23,4	26,8	38,1	675	0,462	412	0,6
115	23,6	27,5	38,2	643	0,458	413	0,2
120	23,8	28,2	38,2	612	0,457	415	0,4
Подзона южной тайги							
Сосняк ягодниковый							
20	7,3	6,9	21,6	5777	0,799	126	-
25	10,0	8,5	27,3	4811	0,641	175	9,8
30	12,4	10,2	30,9	3782	0,566	217	8,4
35	14,4	12,0	33,0	2918	0,535	254	7,4
40	16,1	13,9	34,4	2267	0,516	286	6,4

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8
45	17,6	15,7	35,2	1818	0,504	312	5,2
50	18,8	17,4	35,8	1506	0,496	334	4,4
55	20,0	19,2	36,2	1250	0,486	352	3,6
60	20,9	20,8	36,4	1071	0,482	367	3,0
65	21,8	22,3	36,6	937	0,476	380	2,6
70	22,6	23,8	36,8	827	0,470	391	2,2
75	23,2	25,1	36,9	746	0,468	401	2,0
80	23,9	26,3	37,0	681	0,463	409	1,6
85	24,4	27,4	37,0	627	0,461	416	1,4
90	24,9	28,4	37,1	586	0,457	422	1,2
95	25,4	29,3	37,1	550	0,453	427	1,0
100	25,8	30,1	37,2	523	0,450	432	1,0
105	26,2	30,9	37,2	496	0,447	436	0,8
110	26,6	31,5	37,2	477	0,445	440	0,8
115	26,9	32,1	37,2	460	0,443	443	0,6
120	27,2	32,6	37,2	446	0,441	446	0,6
Сосняк разнотравный							
20	7,3	6,2	16,0	5300	0,694	81	-
25	10,1	7,9	21,5	4386	0,539	117	7,2
30	12,5	9,8	26,6	3526	0,487	162	9,0
35	14,7	11,8	30,6	2798	0,474	213	10,2
40	16,5	13,9	33,3	2194	0,482	265	10,4
45	18,1	16,0	35,0	1741	0,494	313	9,6
50	19,5	18,0	36,0	1415	0,503	353	8,0
55	20,7	20,1	36,6	1153	0,507	384	6,2
60	21,8	22,0	36,9	971	0,504	405	4,2
65	22,7	23,8	37,1	834	0,499	420	3,0
70	23,5	25,5	37,2	728	0,492	430	2,0

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8
75	24,2	27,1	37,2	645	0,485	437	1,4
80	24,8	28,5	37,3	585	0,477	441	0,8
85	25,3	29,9	37,3	531	0,471	444	0,6
90	25,8	31,1	37,3	491	0,462	445	0,2
95	26,1	32,1	37,3	461	0,458	446	0,2
100	26,5	33,1	37,3	433	0,452	447	0,2
105	26,8	34,0	37,3	411	0,447	447	0,0
110	27,0	34,7	37,3	394	0,445	448	0,2
115	27,3	35,4	37,3	379	0,440	448	0,0
120	27,4	36,0	37,3	366	0,438	448	0,0

Таблица 4

Ход роста нормальных еловых насаждений (автор – А.В. Тюрин, 1952)

Возраст, лет	Господствующий ярус								Подчиненный ярус				Все насаждение в целом				% текущего прироста	
	высота, м	средний диаметр, см	число стволов, шт.	сумма площадей оснований, м ²	запас			прирост всей древесины, м ³		видовое число (0,001)		запас выбираемой древесины, м ³	сумма промежуточного пользования, м ³	число стволов, шт.	общая производительность	общий прирост		
					стволов, м ³	сучьев, м ³	всей древесины, м ³	средний	текущий	ствола	всего дерева					средний		текущий
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Класс бонитета Ia																		
20	6,5	5,8	8365	22,1	100,6	34,9	135,5	6,78	-	700	943	12,0	12,0	-	147,5	7,4	-	-
30	11,0	10,4	4120	35,0	226,4	57,1	283,5	9,45	14,8	588	735	32,0	44,0	4245	327,5	10,9	18,0	8,6
40	16,1	16,0	2253	45,3	391,4	76,5	467,9	11,7	18,44	537	642	53,0	97,0	1867	564,9	14,1	23,7	6,3
50	20,55	21,0	1523	52,75	556,0	92,3	648,3	12,97	18,04	513	598	59,0	156,0	730	804,3	16,1	23,9	4,3
60	24,2	25,6	1135	58,4	706,6	104,6	811,2	13,52	16,29	500	574	61,0	217,0	388	1028,2	17,1	22,4	3,1
70	27,2	29,6	908	62,5	836,3	114,3	950,6	13,58	13,94	492	559	61,0	278,0	227	1228,6	17,6	20,0	2,3
80	29,75	33,0	767	65,6	949,6	122,0	1071,2	13,39	12,06	486	549	60,0	338,0	141	1409,2	17,6	18,1	1,8
90	31,8	35,9	672	68,0	1043,8	127,8	1171,6	13,02	10,04	483	542	57,0	395,0	95	1566,6	17,4	15,7	1,4
100	33,5	38,4	605	70,1	1126,5	133,3	1259,8	12,60	8,82	480	536	52,0	447,0	67	1706,8	17,1	14,0	1,1
110	34,95	40,4	559	71,65	1195,8	137,6	1333,4	12,1	7,36	478	532	47,0	494,0	46	1827,4	16,6	12,1	0,9
120	36,1	42,1	523	72,85	1251,6	140,6	1392,2	11,58	5,88	476	529	42,0	536,0	36	1928,2	16,1	10,1	0,75

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Класс бонитета I																		
20	5,0	4,3	11708	17,0	66,5	26,5	93,0	4,65	-	782	1094	7,0	7,0	-	100,0	5,0	-	-
30	8,3	7,6	5930	26,9	142,8	43,1	185,9	6,20	9,29	640	833	21,0	28,0	5778	213,9	7,1	11,4	8,2
40	12,3	11,8	3336	36,5	256,2	60,2	316,4	7,91	13,05	571	705	45,0	73,0	2594	389,3	9,7	17,5	7,0
50	16,25	16,1	2136	43,5	378,9	73,5	452,4	9,05	13,60	536	640	55,5	128,5	1200	580,9	11,6	19,15	5,1
60	19,9	20,3	1509	48,85	501,7	85,0	586,7	9,78	13,43	516	604	57,5	186,0	627	772,7	12,9	19,2	3,7
70	22,85	24,0	1163	52,6	606,5	93,1	699,6	9,99	11,29	505	582	58,0	244,0	346	943,6	13,2	17,1	2,7
80	25,4	27,2	953	55,4	699,1	99,8	798,9	9,99	9,93	497	568	57,0	301,0	210	1099,9	13,7	15,6	2,1
90	27,5	30,0	815	57,6	778,2	105,4	883,6	9,78	8,47	491	558	54,0	355,0	138	1238,6	13,8	13,9	1,7
100	29,25	32,3	724	59,3	845,6	109,7	955,3	9,55	7,17	488	551	49,0	404,0	91	1359,3	13,6	12,1	1,3
110	30,8	34,4	652	60,6	904,2	113,3	1017,5	9,25	6,22	486	545	43,0	447,0	72	1464,5	13,3	10,5	1,1
120	32,05	36,2	598	61,6	952,3	115,8	1068,1	8,92	5,06	482	541	39,0	486,0	54	1554,1	13,0	9,0	0,85
Класс бонитета II																		
20	3,55	2,8	18515	11,4	37,5	17,6	55,1	2,76	-	927	1361	-	-	-	55,1	2,8	-	-
30	6,45	5,8	8062	21,3	96,3	33,6	129,9	4,33	7,48	701	946	14,0	14,0	10453	143,9	4,8	8,9	9,6
40	9,6	9,0	4637	29,5	173,2	47,8	221,0	5,52	9,11	611	780	33,0	47,0	3425	268,0	6,7	12,4	7,0
50	13,0	12,6	2891	36,05	263,6	59,8	323,7	6,47	10,27	563	691	47,5	94,5	1746	418,2	8,3	15,0	5,5
60	16,35	16,2	1979	40,8	357,0	69,4	426,4	7,11	9,44	535	639	53,5	148,0	912	574,4	9,6	15,6	4,2
70	19,2	19,5	1489	44,45	443,2	77,6	520,8	7,44	7,94	519	609	54,0	202,0	490	722,8	10,3	14,8	3,1
80	21,55	22,4	1196	47,15	517,2	83,0	600,2	7,50	7,04	509	591	52,0	254,0	293	854,2	10,7	13,1	2,3
90	23,6	24,9	1010	49,2	583,0	87,6	670,6	7,45	6,12	502	578	49,0	303,0	186	973,6	10,8	11,9	1,9

Продолжение табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
100	25,4	27,2	873	50,75	640,4	91,4	731,8	7,32	4,86	497	568	45,0	348,0	137	1079,8	10,8	10,6	1,5
110	26,85	29,1	779	51,85	686,0	94,4	780,4	7,08	4,15	493	561	40,0	388,0	94	1168,4	10,6	8,9	1,2
120	28,1	30,8	707	52,65	725,0	96,9	821,9	6,85		490	555	36,5	424,5	72	1246,4	10,4	7,8	1,0
Класс бонитета III																		
20	2,6	1,8	28291	7,2	20,7	11,1	31,8	1,59	-	1108	1696	-	-	-	31,8	1,6	-	-
30	4,75	4,0	12411	15,6	59,3	24,3	83,6	2,78	5,16	800	1128	11,0	11,0	15880	94,6	3,15	6,3	10,9
40	7,45	6,8	6222	22,7	112,4	36,1	148,5	3,71	6,49	664	878	25,0	36,0	619	184,5	4,6	9,0	7,8
50	10,3	9,6	4034	29,2	180,2	47,3	227,5	4,55	7,90	599	756	39,0	75,0	2188	302,5	6,0	11,8	6,3
60	13,15	12,8	2657	34,2	252,7	56,8	309,5	5,16	8,20	562	688	46,0	121,0	1377	430,5	7,2	12,8	4,8
70	15,85	15,7	1939	37,55	320,7	63,4	384,1	5,49	7,46	539	645	47,0	168,0	718	552,1	7,9	12,2	3,5
80	18,05	18,2	1540	40,05	379,7	68,9	448,6	5,61	6,45	525	620	46,5	214,5	399	663,1	8,3	11,1	2,7
90	19,9	20,3	1295	41,9	430,3	72,9	503,2	5,59	5,46	518	604	43,0	257,5	245	760,7	8,4	9,8	2,1
100	21,45	22,2	1121	43,4	474,4	76,3	550,7	5,51	4,75	510	592	39,0	296,5	174	847,2	8,5	8,6	1,6
110	22,75	23,9	999	44,45	510,3	78,7	589,0	5,32	3,83	505	582	35,0	330,5	122	919,7	8,4	7,3	1,3
120	23,8	25,2	906	45,2	539,2	80,9	620,1	5,13	3,11	501	576	30,0	360,5	93	980,6	8,2	6,1	1,0
Класс бонитета IV																		
20	1,8	-	-	4,4	11,2	6,7	17,9	0,90	-	1411	2256	-	-	-	17,9	0,9	-	-
30	3,65	2,0	16805	11,1	37,0	16,7	53,7	1,79	3,58	912	1334	6,0	6,01	-	59,7	2,0	4,2	11,6
40	5,7	5,0	8940	17,55	73,7	27,6	101,3	2,53	4,76	737	1012	17,0	23,0	7865	124,3	3,1	6,5	8,3
50	8,2	7,4	5371	23,1	121,7	37,0	158,7	3,17	5,74	643	838	30,0	53,0	3569	211,7	4,2	8,7	6,7
60	10,6	10,0	3584	28,15	177,4	45,8	223,2	3,72	6,45	594	748	37,0	90,0	1787	313,2	5,2	10,1	5,3

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
70	12,75	12,4	2636	31,85	229,6	52,9	282,5	4,04	5,93	566	696	39,0	129,0	943	411,5	5,9	9,8	3,9
80	14,65	14,4	2112	34,4	276,2	57,8	334,0	4,18	5,15	548	663	39,0	168,0	524	502,0	6,3	9,1	3,0
90	16,4	16,2	1759	36,25	317,9	61,6	379,5	4,22	4,55	535	638	36,5	204,5	363	584,0	6,5	8,2	2,3
100	17,75	17,8	15171	37,75	353,0	64,5	417,5	4,18	3,80	527	623	32,0	236,5	242	654,0	6,5	7,0	1,75
110	18,85	19,1	13533	8,75	380,5	67,2	447,6	4,09	3,01	521	613	27,0	263,5	164	711,1	6,4	5,7	1,3
120	10,8	20,21	1235	404,7	235	68,9	473,6	3,95	2,60	516	603	23,0	286,5	118	760,1	6,3	4,9	1,1
Класс бонитета V																		
20	1,3	-	-	2,9	6,8	4,4	11,2	0,56	-	-	-	-	-	-	11,2	0,6	-	-
30	2,75	1,9	-	7,45	21,9	11,4	33,3	1,11	2,21	1068	1625	2,7	2,7	-	36,0	1,2	2,5	11,5
40	4,4	3,6	12966	13,2	48,2	20,4	68,6	1,72	3,53	829	1182	10,0	12,7	-	81,3	2,0	4,5	8,8
50	0,4	5,7	7219	18,5	83,2	27,9	111,1	2,22	4,25	703	950	23,0	35,7	5717	146,9	2,9	6,6	7,3
60	8,5	7,8	4772	22,8	123,1	36,5	159,6	2,66	4,85	635	824	31,0	66,7	2477	226,3	3,8	7,9	5,8
70	10,4	9,8	3480	26,25	163,0	42,6	205,6	2,94	4,60	597	753	33,5	100,2	1292	305,8	4,4	8,0	4,4
80	11,95	11,4	2835	28,95	198,9	47,5	246,4	3,08	4,08	575	712	33,0	133,2	645	379,6	4,8	7,4	3,3
90	13,25	12,8	2401	30,9	229,5	51,4	280,9	3,12	3,45	561	687	300	163,2	434	444,1	4,9	6,4	2,4
100	14,35	14,0	2095	32,25	254,8	53,8	308,6	3,09	2,77	551	667	25,0	188,2	306	496,8	5,0	5,3	1,8
110	15,2	14,9	1904	33,2	274,2	55,8	330,0	3,00	2,14	543	654	20,0	208,2	191	538,2	4,9	4,1	1,3
120	15,80	15,6	1769	33,8	288,0	57,1	345,1	2,84	1,51	539	646	15,0	223,2	135	568,3	4,7	3,0	0,9

Таблица 5

Ход роста сомкнутых еловых насаждений на Среднем Урале
(автор – Д. А. Милованович (при участии Н. П. Олоничева), 1967)

Возраст, лет	Остающаяся (основная) часть насаждения							
	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Число стволов, шт.	Сумма площадей сечений, м ²	Видовое число стволов (0,001)	Запас стволочной древесины в коре, м ³	Изменение запаса, м ³	
							среднее	текущее
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Класс бонитета II, тип леса - ельник-кисличник								
30	9,9	7,4	5557	23,9	515	122	4,1	-
40	12,7	10,3	3313	27,6	499	174	4,3	5,2
50	15,4	13,4	2170	30,6	481	227	4,5	5,3
60	17,9	16,4	1562	33,0	474	280	4,7	5,3
70	20,0	19,2	1226	35,5	468	332	4,7	5,2
80	21,9	21,8	1005	37,5	465	382	4,8	5,0
90	23,4	24,3	838	38,9	463	422	4,7	4,0
100	24,7	26,4	736	40,3	461	459	4,6	3,7
110	25,5	28,3	655	41,2	460	483	4,4	2,4
120	26,0	29,8	599	41,8	459	500	4,2	1,7
130	26,4	31,1	556	42,2	459	512	3,9	1,2
140	26,7	32,3	519	42,5	459	522	3,7	1,0
150	27,0	33,4	488	42,8	458	530	3,5	0,8
160	27,2	34,3	466	43,1	458	536	3,3	0,6

Продолжение табл. 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
170	27,3	35,0	450	43,3	457	540	3,2	0,4
180	27,4	35,4	441	43,4	457	544	3,0	0,4
190	27,5	35,7	435	43,5	456	546	2,9	0,2
200	27,5	36,0	427	43,5	456	546	2,7	0
Класс бонитета III, тип леса – ельник-травяной								
40	10,6	9,1	3552	23,1	497	122	3,0	4,0
50	12,9	11,5	2522	26,2	485	164	3,3	4,2
60	15,0	13,9	1885	28,6	475	204	3,4	4,0
70	16,8	16,5	1441	30,8	472	244	3,5	4,0
80	18,4	19,0	1146	32,5	468	280	3,5	3,6
90	19,9	21,5	928	33,7	466	313	3,5	3,3
100	21,3	23,7	789	34,8	465	345	3,4	3,2
110	22,4	25,4	707	35,8	464	372	3,4	2,7
120	23,2	26,9	644	36,6	463	393	3,3	2,1
130	23,8	28,0	604	37,2	462	410	3,2	1,7
140	24,3	28,9	575	37,7	462	424	3,0	1,4
150	24,7	29,7	550	38,1	462	436	2,9	1,2
160	25,0	30,3	531	38,3	461	442	2,8	0,6
170	25,2	30,7	520	38,5	461	448	2,6	0,6
180	25,4	31,1	509	38,7	461	454	2,5	0,4
190	25,5	31,4	502	38,9	460	458	2,4	0,4
200	25,5	31,6	497	39,0	460	460	2,3	0,2

Окончание табл. 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Класс бонитета IV, тип леса – ельник-ровнядь								
40	7,8	8,0	3899	19,6	504	77	1,9	3,3
50	10,0	10,0	2852	22,4	500	112	2,2	3,5
60	11,9	11,8	2285	25,0	491	146	2,4	3,4
70	13,5	13,5	1908	27,3	488	180	2,6	3,4
80	14,9	15,2	1690	29,2	486	212	2,7	3,2
90	16,2	16,9	1364	30,6	485	241	2,7	2,9
100	17,2	18,5	1168	31,4	485	262	2,6	2,1
110	18,0	19,9	1035	32,2	485	282	2,6	2,0
120	18,7	21,1	938	32,8	484	297	2,5	1,5
130	19,2	22,1	865	33,2	484	309	2,4	1,2
140	19,7	23,0	807	33,6	484	321	2,3	1,2
150	20,0	23,8	762	33,9	483	328	2,2	0,7
160	20,3	24,5	725	34,2	483	335	2,1	0,7
170	20,5	25,1	695	34,4	482	340	2,0	0,5
180	20,7	25,6	670	34,5	482	344	1,9	0,4
190	20,8	26,0	652	34,6	482	348	1,8	0,4
200	20,8	28,4	632	34,6	482	348	1,7	0

Таблица 6

Ход роста нормальных березовых насаждений (автор – А.В. Тюрин, 1952)

Возраст, лет	Господствующий ярус							Подчиненный ярус					Все насаждение в целом				
	Высота, м	Средний диаметр, см	Число стволов, шт.	Сумма площадей оснований, м ²	Запас стволовой древесины, м ³	Текущий прирост, м ³	Средний прирост, м ³	Видовое число (0,001)	Число стволов, шт.	Запас выбранной древесины, м ³	Сумма промежуточного пользования, м ³	Общая производительность, м ³	Общий текущий прирост, м ³	Общий средний прирост, м ³	% текущего прироста		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
Класс бонитета I-а																	
10	6,3	4,7	7000	12,2	41	-	4,1	534	-	6	6	47	-	4,7	-		
20	12,6	10,3	2245	18,7	114	7,3	5,7	484	4755	25	31	145	9,8	7,3	12,8		
30	17,5	16,1	1150	23,4	186	7,2	6,2	454	1095	33	64	250	10,5	8,3	7,0		
40	21,3	21,6	740	27,0	253	6,7	6,3	440	410	36	100	353	10,3	8,8	4,7		
50	24,3	26,6	530	29,6	311	5,8	6,2	433	210	33	133	444	9,1	8,9	3,2		
60	26,6	30,8	420	31,4	359	4,8	6,0	430	110	31	164	523	7,9	8,7	2,4		
70	28,4	34,3	355	32,7	399	4,0	5,7	430	65	26	190	589	6,6	8,4	1,7		
80	29,8	37,1	310	33,6	432	3,3	5,4	430	45	22	212	644	5,5	8,0	1,3		
90	31,0	39,3	280	34,3	458	2,6	5,1	430	30	17	229	687	4,3	7,6	1,0		
100	31,8	41,1	260	34,8	479	2,1	4,8	430	20	12	241	720	3,3	7,2	0,7		
На сучья к табличным данным прибавлять 8%																	

Продолжение табл. 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Класс бонитета I															
10	5,7	4,0	9070	11,4	35	-	3,5	541	-	6	6	41	-	4,1	-
20	11,3	9,0	2720	17,3	96	6,1	4,8	490	6350	19	25	121	8,0	6,0	12,0
30	15,5	13,5	1500	21,5	157	6,1	5,2	465	1220	24	49	206	8,5	6,9	6,7
40	19,0	18,5	925	24,9	212	5,5	5,3	449	575	27	76	288	8,2	7,2	4,4
50	21,6	22,0	720	27,4	260	4,8	5,2	440	205	27	103	363	7,5	7,3	3,2
60	23,8	25,4	574	29,1	301	4,1	5,0	435	146	25	128	429	6,6	7,2	2,4
70	25,5	28,7	469	30,3	334	3,3	4,8	432	105	21	149	483	5,4	6,9	1,7
80	26,8	31,0	416	31,4	361	2,7	4,5	430	53	18	167	528	4,5	6,6	1,3
90	27,7	32,7	383	32,2	382	2,1	4,2	429	33	14	181	563	3,5	6,3	0,9
100	28,5	34,0	357	32,5	398	1,6	4,0	429	26	9	190	588	2,5	5,9	0,6
На сучья к табличным данным прибавлять 8%															
Класс бонитета II															
10	4,5	3,4	-	10,85	27	-	2,7	553	-	3	3	30	-	3,0	-
20	9,5	7,5	3620	16,0	77	5,0	3,85	505	-	14	17	94	6,4	4,7	12,4
30	13,5	11,2	2000	19,72	127	5,0	4,2	477	1620	19	36	163	6,9	5,4	6,8
40	16,7	15,0	1277	22,57	173	4,6	4,3	459	723	21	57	230	6,7	5,7	4,5
50	19,0	18,3	950	24,97	213	4,0	4,3	449	327	21	78	291	6,1	5,8	3,2
60	21,0	21,0	765	26,50	246	3,3	4,1	442	185	19	97	343	5,2	5,7	2,3
70	22,5	23,4	647	27,81	274	2,8	3,9	438	118	16	113	387	4,4	5,5	1,7
80	23,6	25,0	587	28,83	296	2,2	3,7	435	60	13	126	422	3,5	5,3	1,2

Продолжение табл. 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
90	24,5	26,5	535	29,51	313	1,7	3,5	433	52	10	136	449	2,7	5,0	0,95
100	25,1	27,6	499	29,85	324	1,1	3,2	432	36	6	142	466	1,7	4,7	0,55
На сучья к табличным данным прибавлять 9%															
Класс бонитета III															
10	3,4	2,4	-	9,3	18	-	1,8	567	-	-	-	18	-	1,8	-
20	7,7	6,0	5020	14,2	57	3,9	2,9	520	-	11	11	68	5,0	3,4	13,2
30	11,3	9,0	2780	17,7	98	4,1	3,3	490	2240	14	25	123	5,5	4,1	7,1
40	14,0	11,9	1820	20,23	134	3,6	3,4	473	960	15	40	174	5,1	4,3	4,4
50	16,1	14,5	1352	22,32	166	3,2	3,3	462	468	15	55	221	4,7	4,4	3,1
60	17,8	16,4	1132	23,9	193	2,7	3,2	454	220	13	68	261	4,0	4,35	2,2
70	19,2	18,3	951	25,0	215	2,2	3,1	448	181	11	79	294	3,3	4,2	1,6
80	20,2	20,0	822	25,8	232	1,7	2,9	445	129	8	87	319	2,5	4,0	1,1
90	21,0	21,1	750	26,29	244	1,2	2,7	442	72	6	93	337	1,8	3,7	0,7
100	21,5	21,9	709	26,74	253	0,9	2,5	440	41	4	97	350	1,3	3,5	0,5
На сучья к табличным данным прибавлять 10%															
Класс бонитета VI															
10	2,2	1,2	-	7,1	9	-	0,9	578	-	-	-	9	-	0,9	-
20	6,2	4,4	7760	11,8	39	3,0	1,9	536	-	7	7	46	3,7	2,3	15,4
30	9,1	7,1	3880	15,36	71	3,2	2,4	508	3880	9	16	87	4,1	2,9	7,4
40	11,5	9,2	2675	17,78	100	2,9	2,5	489	1205	10	26	126	3,9	3,1	4,6
50	13,4	11,0	2058	19,56	125	2,5	2,5	477	617	10	36	161	3,5	3,2	3,1

Окончание табл. 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
60	14,7	12,5	1726	21,18	146	2,1	2,4	469	332	9	45	191	3,0	3,2	2,2
70	15,9	13,0	1450	22,10	162	1,6	2,3	463	276	7	52	214	2,3	3,0	1,5
80	16,7	15,0	1280	22,62	174	1,2	2,2	458	170	5	57	231	1,7	2,9	1,0
90	17,4	15,8	1180	23,10	183	0,9	2,0	455	100	3	60	243	1,2	2,7	0,7
На сучья к табличным данным прибавлять 11%															
Класс бонитета V															
10	1,5	-	-	-	5	-	0,5	-	-	-	-	5	-	0,5	-
20	4,8	3,6	9660	9,85	26	2,1	1,3	550	-	4	4	30	2,5	1,5	16,0
30	7,3	5,5	5605	13,32	51	2,5	1,7	525	4055	6	10	61	3,1	2,0	8,0
40	9,2	7,1	3955	15,66	73	2,2	1,8	507	1650	6	16	89	2,8	2,2	4,5
50	10,8	8,6	2930	17,01	91	1,8	1,8	495	1025	6	22	113	2,4	2,3	2,9
60	12,0	10,0	2320	18,21	106	1,5	1,8	485	610	5	27	133	2,0	2,2	2,0
70	13,0	10,9	2025	18,91	118	1,2	1,7	480	295	4	31	149	1,6	2,1	1,4
80	13,7	11,5	18601	19,33	127	1,9	1,6	475	165	3	34	161	1,2	2,0	1,0
На сучья к табличным данным прибавлять 12%															

Таблица 7

Эскиз таблиц хода роста древостоев березы Среднего Урала по группам типов роста
(автор – Л. А. Лысов, 1985)

Возраст, лет	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Число ство- лов, шт.	Сумма площадей сечений, м ²	Видовое число, 0,001	Запас стволо- вой древеси- ны, м ³	Изменение запаса, м ³	
							среднее	текущее
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Лиственная группа (I,5 класс бонитета)								
10	6,8	4,7	7110	12,3	741	62	6,2	6,2
20	12,3	9,0	3133	18,8	579	134	6,7	7,2
30	16,5	12,7	1827	23,2	509	195	6,5	6,1
40	19,6	16,0	1279	25,7	589	245	6,1	5,0
50	21,7	18,5	1026	27,6	478	286	5,7	4,1
60	23,4	20,6	871	29,0	472	320	5,3	3,4
70	24,8	22,7	748	30,3	463	348	5,0	2,8
80	25,8	24,7	653	31,3	458	370	4,6	2,2
90	26,6	26,5	580	32,0	455	388	4,3	1,8
100	27,2	28,1	524	32,5	454	402	4,0	1,4
110	27,7	28,6	478	32,9	453	412	3,8	1,0
120	28,0	31,0	440	33,2	452	420	3,5	0,8
Разнотравная и ягодоносная группы (II класс бонитета)								
10	5,2	3,7	8465	9,1	782	37	3,7	3,7
20	9,9	7,3	3786	15,1	590	93	4,7	5,6
30	13,7	10,6	2239	19,7	537	145	4,8	5,2

Продолжение табл. 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	16,9	13,8	1540	23,1	486	189	4,7	4,4
50	19,4	16,7	1151	25,2	464	227	4,5	3,8
60	21,2	19,1	934	26,7	456	258	4,3	3,1
70	22,4	20,8	818	27,8	454	283	4,0	2,5
80	23,4	22,3	731	28,6	451	302	3,8	1,9
90	24,2	24,0	648	29,3	447	317	3,5	1,5
100	24,8	25,5	583	29,9	445	329	3,3	1,2
110	25,2	26,8	535	30,2	444	338	3,1	0,9
120	25,4	27,7	506	30,5	444	344	2,9	0,6
Травяно-зеленомошная и брусничная группы (II,5 класс бонитета)								
10	4,0	2,9	10303	6,8	809	22	2,2	2,2
20	7,9	6,0	4607	12,9	608	62	3,1	4,0
30	11,5	9,0	2594	16,6	540	103	3,4	4,1
40	14,2	11,5	1894	19,7	508	142	3,6	3,9
50	16,5	14,0	1428	22,0	485	176	3,5	3,4
60	18,3	16,3	1144	23,9	466	204	3,4	2,8
70	19,6	18,2	962	25,0	461	226	3,2	2,2
80	20,6	19,7	852	26,0	456	244	3,1	1,8
90	21,5	21,2	756	27,2	448	257	2,9	1,3
100	22,3	22,4	690	26,7	440	267	2,7	1,0
110	22,7	23,3	648	27,6	438	274	2,5	0,7
120	23,0	24,0	615	27,8	436	279	2,3	0,5

Продолжение табл. 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Крупнотравно-приручьевая группа (III класс бонитета)								
10	3,1	2,3	12012	5,0	839	13	1,3	1,3
20	6,8	5,1	5190	10,9	607	45	2,3	3,2
30	10,1	8,1	3040	15,2	534	82	2,7	3,7
40	12,5	10,3	2133	17,7	524	116	2,9	3,4
50	14,8	12,8	1550	20,0	486	144	2,9	2,8
60	16,5	14,9	1235	21,5	470	167	2,8	2,3
70	17,8	16,6	1056	22,8	458	186	2,7	1,9
80	18,8	18,1	922	23,7	451	201	2,5	1,5
90	19,6	19,3	836	24,4	445	213	2,4	1,2
100	20,3	20,5	758	25,0	437	222	2,2	0,9
110	20,8	21,4	706	25,4	432	228	2,1	0,6
120	21,1	22,0	674	25,6	430	232	1,9	0,4
Мишисто-хвощовая и нагорная группы (IV класс бонитета)								
10	2,4	1,8	12205	3,1	1075	8	0,8	0,8
20	5,0	3,8	6790	7,7	649	25	1,3	1,7
30	8,3	6,7	3571	12,5	520	54	1,8	2,9
40	10,7	8,8	2525	15,4	510	84	2,1	3,0
50	12,6	10,8	1902	17,5	499	110	2,2	2,6
60	14,2	12,5	1545	19,0	486	131	2,2	2,1
70	15,5	14,4	1239	20,2	473	148	2,1	1,7
80	16,5	16,0	1055	21,2	460	161	2,0	1,3

Окончание табл. 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
90	17,2	17,0	969	22,0	452	171	1,9	1,0
100	17,7	17,9	901	22,7	443	178	1,8	0,7
110	18,1	18,6	852	23,3	433	182	1,7	0,4
120	18,3	18,9	836	23,4	432	185	1,5	0,3
Сфагновая и травяно-болотная и высокогорная группы (V класс бонитета)								
10	1,6	1,3	16541	2,2	1136	4	0,4	0,4
20	3,6	2,89	8279	5,1	654	12	0,6	0,8
30	5,6	4,4	5395	8,2	610	27	0,9	1,6
40	7,8	6,3	3645	11,3	556	44	1,2	2,1
50	10,0	8,4	2545	14,0	507	71	1,4	2,2
60	11,6	10,3	1916	15,9	483	89	1,5	1,8
70	12,9	12,1	1496	17,2	464	103	1,5	1,4
80	13,8	13,3	1285	18,0	459	114	1,4	1,1
90	14,4	14,3	1155	18,6	455	122	1,3	0,8
100	14,8	15,1	1061	19,0	452	127	1,3	0,5
110	15,2	15,8	985	19,3	443	130	1,2	0,3
120	15,3	16,3	933	19,5	442	132	1,1	0,2

Таблица 8

Всеобщие опытные таблицы хода роста нормальных пихтовых насаждений при умеренных проходных рубках (А. В. Тюрин, 1952)

Возраст, лет	Древостой							Отпад		Общая производительность, м³			Прирост			
	средняя высота, м	средний диаметр на высоте груди, см	видовая высота крупной древесины	видовое число крупной древесины	число стволов на 1 га	сумма площадей сечений, м²	Запас, м³		Запас, м³		средний		текущий			
							крупной древесины	всей древесины	крупной древесины	всей древесины	крупной древесины	всей древесины				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Класс бонитета I																
10	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	12	-	1,2	-	1,2
20	3,7	3,2	1,1	0,030	24500	13,4	16	44	-	15	16	63	0,8	3,2	1,6	5,1
30	7,6	6,9	3,4	0,045	7490	25,2	88	132	14	33	102	184	3,4	6,1	8,6	12,1
40	12,1	11,3	6,1	0,504	3490	34,6	210	275	39	54	263	381	6,6	9,5	16,1	19,7
50	16,6	16,3	8,5	0,512	2030	42,1	357	449	65	76	475	631	9,5	12,6	21,2	25,0
60	20,7	21,6	10,5	0,508	1320	48,3	508	623	82	91	708	896	11,8	14,9	23,3	26,5
70	24,2	26,6	12,2	0,504	965	53,3	648	781	89	96	937	1150	13,4	16,4	22,9	25,4
80	27,1	31,0	13,5	0,498	760	57,3	771	920	87	94	1147	1383	14,3	17,3	21,0	23,3
90	29,45	34,8	14,5	0,492	635	60,5	876	1039	78	85	1330	1587	14,8	17,6	18,3	20,4
100	31,35	38,3	15,3	0,488	550	63,1	964	1140	69	75	1487	1763	14,9	17,6	15,7	17,6
110	32,9	41,4	16,0	0,486	485	65,2	1040	1225	60	66	1623	1914	14,8	17,4	13,6	15,1
120	34,2	44,3	16,55	0,484	435	66,9	1106	1297	52	57	1741	2043	14,5	17,0	11,8	12,9

Продолжение табл. 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
130	35,3	47,1	17,0	0,482	395	68,3	1163	1359	45	49	1843	2154	14,2	16,5	10,2	11,1
140	36,25	49,7	17,4	0,481	360	69,5	1212	1412	39	42	1931	2249	13,8	16,1	8,8	9,5
150	37,05	52,1	17,8	0,480	330	70,6	1254	1457	34	36	2007	2330	13,4	15,5	7,6	8,1
Класс бонитета II																
10	0,7	-	-	-	-	7,2	-	5	-	1	-	6	-	0,6	-	0,6
20	2,9	2,0	0,7	0,024	54800	9,7	6	30	-	8	6	39	0,3	1,9	0,6	3,3
30	6,0	4,9	2,5	0,041	13100	20,6	52	92	6	22	58	123	2,0	4,1	4,6	8,4
40	9,6	8,6	4,7	0,049	5400	29,6	139	194	23	37	168	262	4,2	6,5	11,0	13,9
50	13,4	12,7	6,9	0,515	2910	36,7	252	324	39	52	320	444	6,4	8,9	15,2	18,2
60	17,0	17,0	8,7	0,512	1860	42,6	373	464	55	66	496	650	8,2	10,8	17,6	20,6
70	20,2	21,6	10,3	0,508	1310	47,6	490	600	66	75	679	861	9,7	12,3	18,3	21,1
80	23,0	25,8	11,5	0,503	985	51,6	596	723	69	74	854	1058	10,7	13,2	17,5	19,7
90	25,3	29,5	12,6	0,498	805	54,8	689	830	64	69	1011	1234	11,2	13,7	15,7	17,6
100	27,1	32,7	13,4	0,494	685	57,4	768	920	57	61	1147	1385	11,5	13,9	13,6	15,1
110	28,6	35,7	14,0	0,490	595	59,5	836	997	50	53	1265	1515	11,5	13,8	11,8	13,0
120	29,9	38,4	14,6	0,488	530	61,2	895	1063	44	47	1368	1628	11,4	13,6	10,3	11,3
130	31,0	41,0	15,1	0,487	475	62,6	946	1120	39	42	1458	1727	11,2	13,3	9,0	9,9
140	31,9	43,4	15,5	0,486	430	63,8	990	1169	35	38	1537	1814	11,0	13,0	7,9	8,7
150	32,7	45,6	15,9	0,486	395	64,8	1027	1211	32	34	1606	1890	10,7	12,6	6,9	7,6
Класс бонитета III																
10	0,5	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	0,1	-	0,1
20	2,0	1,0	0,2	0,010	-	5,4	-	16	-	4	-	20	-	1,0	-	1,9

Продолжение табл. 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
30	4,3	2,8	1,5	0,035	34000	15,2	25	52	1	12	26	68	0,9	2,3	2,6	4,8
40	7,1	5,5	3,2	0,045	11340	23,8	77	117	11	22	89	155	2,2	3,9	6,3	8,7
50	10,2	9,0	5,0	0,493	5060	30,6	154	209	22	33	188	280	3,8	5,6	9,9	12,5
60	13,3	12,9	6,8	0,511	2810	36,4	247	319	33	43	314	433	5,2	7,2	12,6	15,3
70	16,2	16,9	8,3	0,512	1840	41,3	345	433	43	52	455	599	6,5	8,6	14,1	16,6
80	18,8	21,0	9,6	0,511	1310	45,3	437	539	50	56	597	761	7,5	9,5	14,2	16,2
90	21,0	24,7	10,7	0,509	1010	48,6	519	634	48	53	727	909	8,1	10,1	13,0	14,8
100	22,85	28,0	11,5	0,507	835	51,3	590	716	44	49	842	1040	8,4	10,4	11,5	13,1
110	24,3	30,9	12,2	0,505	715	53,5	651	786	40	44	943	1154	8,6	10,5	10,1	11,4
120	25,55	33,5	12,8	0,502	625	55,2	703	846	36	40	1031	1254	8,6	10,4	8,8	10,0
130	26,6	36,0	13,25	0,499	555	56,6	748	898	33	36	1109	1342	8,5	10,3	7,8	8,8
140	27,5	38,3	13,65	0,497	500	57,8	787	943	30	33	1178	1420	8,4	10,1	6,9	7,8
150	28,3	40,4	14,0	0,495	460	58,8	821	982	28	31	1240	1490	8,3	9,9	6,2	7,0
Класс бонитета IV																
10	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	1,1	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	6	-	0,3	-	0,6
30	2,6	1,2	0,6	0,022	-	8,3	4	25	-	4	4	29	0,1	1,0	0,4	2,3
40	4,6	2,5	1,7	0,037	44300	16,8	28	61	1	11	29	76	0,7	1,9	2,5	4,7
50	7,0	4,6	3,1	0,045	16150	23,7	72	117	8	20	81	152	1,6	3,0	5,2	7,6
60	9,6	7,8	4,7	0,049	6550	29,8	136	192	17	29	162	256	2,7	4,3	8,1	10,4
70	12,2	11,6	6,2	0,509	3330	34,7	212	280	26	37	264	381	3,8	5,4	10,2	12,5
80	14,6	15,6	7,5	0,514	2030	38,8	290	369	33	41	375	511	4,7	6,4	11,1	13,0

Окончание табл. 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
90	16,7	19,7	8,5	0,512	1390	42,2	362	452	35	41	482	635	5,4	7,1	10,7	12,4
100	18,5	23,1	9,4	0,511	1070	45,0	426	526	33	37	579	746	5,8	7,5	9,7	11,1
110	20,0	26,1	10,2	0,509	880	47,2	481	590	30	33	664	843	6,0	7,7	8,5	9,7
120	21,2	28,8	10,8	0,508	750	48,9	527	644	28	30	738	927	6,2	7,7	7,4	8,4
130	22,2	31,3	11,3	0,506	655	50,3	567	690	25	28	803	1001	6,2	7,7	6,5	7,4
140	23,1	33,6	11,7	0,504	580	51,5	602	731	23	25	861	1067	6,15	7,6	5,8	6,6
150	23,9	35,7	12,0	0,502	525	52,6	633	768	22	23	914	1127	6,1	7,5	5,3	6,0

Таблица 9

Ход роста нормальных осиновых насаждений (автор – А.В. Тюрин, 1952)

Возраст, лет	Господствующий ярус							Подчиненный ярус					Все насаждение в целом			
	высота, м	средний диаметр, см	число стволов, шт.	сумма площадей оснований, м ²	запас стволовой древесины, м ³	текущий прирост, м ³	средний прирост, м ³	видовое число (0,001)	видовая высота, м	число стволов, шт.	запас выбравшейся древесины, м ³	сумма промежуточных годов пользования, м ³	общая производимость, м ³	общий текущий прирост, м ³	общий средний прирост, м ³	% текущего прироста
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Класс бонитета Ia																
10	7,5	6,5	4750	15,8	63	-	6,3	527	3,95	-	-	-	63	-	6,3	-
20	12,4	10,6	2460	21,7	134	7,1	6,7	499	6,19	2290	43	43	177	11,4	8,9	11,5
30	16,8	15,0	1470	26,1	210	7,6	7,0	478	8,05	990	44	87	297	12,0	9,9	7,0
40	20,6	19,2	1050	30,6	290	8,0	7,2	460	9,48	410	41	128	418	12,1	10,4	4,8
50	23,9	23,2	815	34,5	369	7,9	7,4	448	10,70	245	37	165	534	11,6	10,7	3,5
60	26,5	27,0	655	37,5	437	6,8	7,3	440	11,66	160	31	196	633	9,9	10,6	2,5
70	28,6	29,8	565	39,5	491	5,4	7,0	435	12,44	90	26	222	713	8,0	10,2	1,7
80	30,2	32,1	505	40,7	531	4,0	6,6	432	13,04	60	20	242	773	6,0	9,7	1,2
90	31,1	33,6	470	41,7	558	2,7	6,2	430	13,37	35	14	256	814	4,1	9,0	0,8
100	31,7	34,4	450	42,1	572	1,4	5,7	429	13,60	20	9	265	837	2,5	8,4	0,45

На сучья к табличным данным прибавлять 8%,

Продолжение табл. 9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Класс бонитета I																
10	6,4	5,6	6100	15,0	51	-	5,1	536	3,43	-	-	-	51	-	5,1	-
20	10,8	9,3	2950	20,0	110	5,9	5,5	507	5,48	3150	39	39	149	9,8	7,5	12,2
30	14,9	13,0	1800	24,0	174	6,4	5,8	487	7,25	1150	37	76	250	10,1	8,3	7,1
40	18,5	16,8	1250	27,8	242	6,8	6,0	470	8,70	550	33	109	351	10,1	8,8	4,9
50	21,3	20,1	1000	31,6	308	6,6	6,2	457	9,74	250	29	138	446	9,5	8,9	3,5
60	23,7	23,0	825	34,3	365	5,7	6,1	449	10,64	175	24	162	527	8,1	8,8	2,4
70	25,4	25,3	720	36,3	410	4,5	5,9	444	11,28	105	20	182	592	6,5	8,5	1,7
80	26,8	27,2	650	37,7	443	3,3	5,5	439	11,76	70	15	197	640	4,8	8,0	1,1
90	27,5	28,3	615	38,7	464	2,1	5,2	437	12,02	35	10	207	671	3,1	7,5	0,7
100	28,1	29,0	590	39,0	475	1,1	4,8	436	12,21	25	7	214	689	1,8	6,9	0,4
На сучья к табличным данным прибавлять 9 %,																
Класс бонитета II																
10	5,3	4,6	8400	13,9	40	-	4,0	545	2,89	-	-	-	40	-	4,0	-
20	9,4	8,0	3700	18,6	90	5,0	4,5	516	4,85	4700	34	34	124	8,4	6,2	13,0
30	13,1	11,2	2260	22,3	145	5,5	4,8	497	6,51	1440	32	66	211	8,7	7,0	7,4
40	16,4	14,6	1520	25,5	201	5,6	5,0	480	7,87	740	28	94	295	8,4	7,4	4,8
50	18,9	17,3	1220	28,6	253	5,2	5,1	468	8,84	300	23	117	370	7,5	7,4	3,3
60	20,9	19,6	1030	31,0	297	4,4	5,0	459	9,59	190	18	135	432	6,2	7,2	2,3
70	22,3	21,3	920	32,7	332	3,5	4,7	455	10,14	110	13	148	480	4,8	6,9	1,5
80	23,5	22,6	845	33,8	357	2,5	4,5	450	10,57	75	10	158	515	3,5	6,4	1,0
90	24,0	23,5	800	34,7	372	1,5	4,2	448	10,75	45	7	165	537	2,2	6,0	0,6
На сучья к табличным данным прибавлять 10 %																

Продолжение табл. 9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Класс бонитета III																
10	4,3	3,8	-	-	28	-	2,8	-	-	-	-	-	28	-	2,8	8,6
20	7,9	6,8	4650	16,9	70	4,2	3,5	525	4,15	-	-	-	70	4,2	3,5	8,6
30	11,2	9,7	2770	20,5	116	4,6	3,9	506	5,67	1880	27	27	143	7,3	4,8	7,8
40	14,2	12,3	1950	23,2	162	4,6	4,0	491	6,97	820	23	50	212	6,9	5,3	5,0
50	16,4	14,6	1550	25,8	203	4,1	4,0	480	7,87	400	17	67	270	5,8	5,4	3,2
60	18,1	16,2	1330	27,5	235	3,2	3,9	472	8,54	220	13	80	315	4,5	5,2	2,1
70	19,2	17,6	1200	29,0	260	2,5	3,7	467	8,96	130	9	89	349	3,4	5,0	1,4
80	20,1	18,5	1110	29,9	278	1,8	3,5	463	9,30	90	7	96	374	2,5	4,7	0,9
На сучья к табличным данным прибавлять 11%,																
Класс бонитета IV																
10	3,2	2,8	-	-	19	-	1,9	-	-	-	-	-	19	-	1,9	-
20	6,5	5,6	6200	15,2	53	3,4	2,6	537	3,49	-	-	-	53	3,4	2,6	9,5
30	9,5	8,1	3600	18,4	90	3,7	3,0	515	4,89	2600	22	22	112	5,9	3,7	8,2
40	12,1	10,3	2520	21,0	127	3,7	3,2	502	6,07	1080	18	40	167	5,5	4,2	5,0
50	14,0	12,1	2020	23,1	159	3,2	3,2	492	6,89	500	13	53	212	4,5	4,2	3,2
60	15,2	13,3	1770	24,6	182	2,2	3,0	486	7,39	250	9	62	244	3,2	4,1	1,9
70	16,1	14,2	1610	25,5	198	1,6	2,8	482	7,76	160	7	69	267	2,3	3,8	1,2
80	16,8	14,9	1490	25,9	208	1,0	2,6	478	8,03	120	5	74	282	1,5	3,5	0,7
На сучья к табличным данным прибавлять 11%,																

Окончание табл. 9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Класс бонитета V																
10	2,1	1,4	-	-	11	-	1,1	-	-	-	-	-	11	-	1,1	-
20	5,0	4,4	9150	13,9	38	2,7	1,9	549	2,74	-	-	-	38	2,7	1,9	11,0
30	7,6	6,5	5050	16,8	67	2,9	2,2	526	4,00	4100	18	18	85	4,7	2,8	8,9
40	9,8	8,3	3470	18,8	95	2,8	2,4	514	5,04	1580	14	32	127	4,2	3,2	5,2
50	11,4	9,7	2790	20,6	118	2,3	2,4	504	5,74	680	10	42	160	3,3	3,2	3,1
60	12,4	10,6	2450	21,6	134	1,6	2,2	500	6,20	340	6	48	182	2,2	3,0	1,7
70	13,1	11,2	2250	22,1	144	1,0	2,0	497	6,51	200	4	52	196	1,4	2,8	1,0
80	13,4	11,6	2100	22,4	149	0,5	1,9	496	6,65	150	4	56	205	0,9	2,6	0,6
На сучья к табличным данным прибавлять 12 %																

Таблица 10

Ход роста липовых семенных насаждений (автор – А.С. Матвеев, 1967)

Возраст, лет	Господствующая часть насаждения						
	Средняя высота, м	Средний диаметр, см	Число деревьев, шт.	Сумма площадей сечений, м²	Запас стволовой древесины, м³	Прирост, м³	
						текущий	средний
1	2	3	4	5	6	7	8
Класс бонитета I							
20	6,4	5,5	9136	21,7	89	-	4,45
30	11,0	10,8	2863	26,2	155	6,6	5,2
40	16,2	16,1	1523	31,15	248	9,3	6,2
50	20,3	20,8	1034	35,15	337	8,9	6,75
60	23,2	24,4	814	38,05	409	7,2	6,8
70	25,4	28,3	637	40,1	465	5,6	6,65
80	27,2	31,2	547	41,9	515	5,0	6,45
90	28,6	34,2	471	43,25	556	4,1	6,2
100	29,8	37,2	414	44,5	594	3,8	5,95
110	30,9	39,7	389	45,65	629	3,5	5,7
120	31,9	42,2	333	46,65	661	3,2	5,5
130	32,8	44,7	303	47,5	691	3,0	5,3
140	33,6	47,0	279	48,45	719	2,8	5,15
150	34,3	49,0	260	49,1	742	2,3	5,05
160	34,9	50,8	244	49,55	762	2,0	4,75
170	35,4	52,3	234	50,15	780	1,8	4,6
180	35,8	53,5	225	50,55	794	1,4	4,4

Продолжение табл. 10

1	2	3	4	5	6	7	8
190	36,1	54,4	219	50,65	804	1,0	4,3
200	36,3	55,0	210	50,8	810	0,7	4,05
Класс бонитета II							
20	5,6	4,8	16630	21,05	80	-	4,0
30	9,7	9,5	3520	24,8	135	5,5	4,45
40	14,2	14,1	1858	29,0	210	7,6	5,25
50	17,8	18,5	1209	32,5	282	7,1	5,6
60	20,4	21,9	926	34,9	339	5,7	5,65
70	22,3	24,8	761	36,7	385	4,6	5,5
80	23,8	27,4	647	38,2	423	3,8	5,3
90	25,0	30,0	558	39,45	456	3,3	5,05
100	26,15	32,5	487	40,45	486	3,0	4,85
110	27,1	34,8	435	41,45	514	2,8	4,65
120	28,0	37,0	394	42,3	540	2,6	4,5
130	28,8	39,2	357	43,05	563	2,3	4,35
140	29,5	41,2	328	43,7	584	2,1	4,15
150	30,1	43,0	306	44,4	604	2,0	4,05
160	30,65	44,6	287	44,9	621	1,7	3,9
170	31,05	45,9	275	45,4	635	1,4	3,75
180	31,35	46,9	265	45,75	645	1,0	3,55
190	31,6	47,7	257	45,9	652	0,7	3,45
200	31,8	48,3	251	46,0	657	0,5	3,3

Продолжение табл. 10

1	2	3	4	5	6	7	8
Класс бонитета III							
20	4,8	4,1	15450	20,9	73	-	3,6
30	8,3	8,2	4481	23,65	116	4,3	3,85
40	12,2	12,1	2255	25,95	175	5,9	4,35
50	15,2	15,9	1479	29,8	229	5,4	4,6
60	17,5	18,8	1141	31,95	276	4,7	4,6
70	19,1	21,3	938	33,45	310	3,4	4,0
80	20,4	23,6	791	34,6	339	2,9	4,25
90	21,5	25,8	682	35,65	365	2,6	4,05
100	22,4	27,9	599	36,6	388	2,3	3,9
110	23,25	29,9	532	37,4	409	2,1	3,7
120	24,0	31,8	479	38,05	428	1,9	3,55
130	24,7	33,7	433	38,7	446	1,8	3,4
140	25,3	35,3	402	39,3	463	1,7	3,3
150	25,8	37	371	39,85	478	1,5	3,2
160	26,25	38,3	350	40,3	490	1,2	3,05
170	26,6	39,4	334	40,65	500	1,0	2,95
180	26,9	40,3	321	40,9	508	0,8	2,8
190	27,15	41	310	41,1	514	0,6	2,7
200	27,3	41,5	305	41,2	519	0,4	2,6
Класс бонитета IV							
20	4,0	3,4	21280	19,3	61	-	3,05
30	6,95	6,8	6059	22,0	96	3,5	3,2

Окончание табл. 10

1	2	3	4	5	6	7	8
40	10,1	10,1	3120	25,0	141	4,1	3,5
50	12,7	13,2	1998	27,3	183	4,2	3,65
60	14,6	15,7	1508	29,2	218	3,5	3,6
70	15,95	17,7	1232	30,3	243	2,5	3,5
80	17,0	19,6	1037	31,3	265	2,2	3,3
90	17,9	21,4	896	32,25	284	1,9	3,15
100	18,7	23,2	780	32,95	301	1,7	3,0
110	19,4	24,9	689	33,55	316	1,5	2,9
120	20,0	26,4	624	34,15	330	1,4	2,75
130	20,6	28,0	565	34,7	343	1,3	2,65
140	21,1	29,5	515	35,2	355	1,2	2,55
150	21,5	30,7	481	35,6	366	1,1	2,45
160	21,9	31,9	450	35,95	375	0,9	2,35
170	22,2	32,8	429	36,2	382	0,7	2,25
180	22,45	33,5	413	36,4	388	0,6	2,15
190	22,6	34,0	403	36,6	393	0,5	2,1
200	22,7	34,3	398	36,8	396	0,3	2,0

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Антанайтис В.В. Моделирование производительности древостоев в целях мониторинга лесов // Моделирование и контроль производительности древостоев : Сб. науч. тр. ЛитСХА. – Каунас, 1983. – С. 6–8.
2. Анучин Н.П. Лесная таксация. 5-е изд. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 552 с.
3. Атрощенко О.А. Система моделирования и прогноза роста древостоев: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Киев, 1986. – 34 с.
4. Верхунов П.М., Черных В.Л. Таксация леса: учебное пособие. – 2-е изд., стереотип. – Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, 2009. – 396 с.
5. Воропанов П.В. Пути построения эскизов таблиц хода роста насаждений // Вопросы лесного хозяйства центральной зоны европейской части СССР. – Брянск, 1970. – 171 с.
6. Гавриков В.Л. Моделирование роста деревьев и древостоев в контексте углеродного цикла: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Якутск, 2016. – 39 с.
7. Георгиевский Н.П. Рубки ухода за лесом. – М. : Гослесбумиздат, 1957. – 141 с.
8. Гурский А.А. Принцип совершенствования оценки лесных ресурсов, ведения хозяйства и лесопользования в Казахстане: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Екатеринбург, 1997. – 36 с.
9. Давидов М.В. Типы роста сосновых древостоев европейской части СССР // Лесной журнал. – 1977. – № 4. – С. 36-42.
10. Загреев В.В. Типизация и стандартизация естественных рядов роста древостоев // Лесное хозяйство. – 1978. – № 11. – С. 34-36.
11. Загреев В.В. Географические закономерности роста и продуктивности древостоев. – М.: Лесн. пром-сть – 1978. 240 с.
12. Загреев В.В. Общесоюзные нормативы для таксации лесов / В. В. Загреев, В. И. Сухих, А. З. Швиденко, Н. Н. Гусев, А. Г. Мошкалев. – М.: Колос, 1992. – 495 с.
13. Залесов С.В., Лобанов А.Н., Луганский А.Н. Рост и производительность сосняков искусственного и естественного происхождения. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2002. – 112 с.

14. Зейде Б.Б. Стандартизация рядов хода роста основных таксационных показателей // Лесное хозяйство. – 1968. – № 10. – С. 54–57.
15. Иванчиков А.А. Фитомасса сосняков Карелии и ее изменение с возрастом древостоев: Лесные растительные ресурсы Карелии. – Петрозаводск: Карел. фил. АН СССР, 1974. – С. 37–51.
16. Казимиров Н.И. Экологическая продуктивность сосновых лесов (Математическая модель). – Петрозаводск, 1995. – 132 с.
17. Козловский В.Б., Павлов В.М. Ход роста лесообразующих пород СССР. – М.: Лесн. пром-сть, 1967. – 327 с.
18. Колобов А.Н. Индивидуально-ориентированная модель динамики древесных сообществ // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – Самара, 2009. – Том 11. – Вып. 1(7). – С. 1475–1480.
19. Колобов А.Н. Подходы к построению моделей динамики древесных сообществ // Региональные проблемы. – Биробиджан, 2012. – Том 15. – Вып. 1. – С. 5-14.
20. Коростелев И.Ф. Исследование закономерностей роста и товарности сосновых древостоев по природным зонам Челябинской области: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Л., 1978. – 20 с.
21. Кофман Г.Б. Рост и форма деревьев. – Новосибирск: Наука, 1986. – 211 с.
22. Кричун В.М. Исследование продуктивности насаждений основных типов леса Казахского мелкосопочника с целью установления эталонов: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Свердловск, 1971. – 22 с.
23. Кузьмичев В.В. Закономерности роста древостоев. – Новосибирск: Наука, 1977. – 160 с.
24. Кузьмичев В.В. Эколого - ценотические закономерности роста одновозрастных сосновых древостоев: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Красноярск, 1980. – 31 с.
25. Кузьмичев В.В. Закономерности динамики древостоев: принципы и модели. – Новосибирск: Наука, 2013. – 207 с.
26. Лебков В.В. Дендрометрические основы структурно-динамической организации древесных ценозов сосны: Дис. в форме науч. докл. ... д-ра биол. наук. – М., 1992. – 43 с.

27. Лебков В.Ф. Методы составления таблиц хода роста и определения оптимальной густоты насаждений // Лесн. хоз-во. – 1965. – № 2. – С. 19–23.

28. Лобанов А.Н. Сравнительные особенности формирования искусственных и естественных сосновых древостоев в подзонах средней и южной тайги Урала: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Екатеринбург, 1999. – 24 с.

29. Луганский Н.А., Нагимов З.Я. Структура и динамика сосновых древостоев на Среднем Урале. – Екатеринбург, 1994. – 140 с.

30. Лысов Л.А. Особенности формирования и производительность березняков Среднего Урала: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Свердловск, 1984. – 17 с.

31. Малышев В.В., Мурзинов Ю.В. Моделирование динамики роста насаждений в процессе ухода за лесом // Лесотехнический журнал / Воронеж. гос. лесотехн. университет им. Г.Ф. Морозова. – Воронеж, 2012. – Вып. 2. – С. 60–65.

32. Мамонов Д.Н. Структура и динамика фитомассы сосняков Иркутской области: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Воронеж, 1991. – 24 с.

33. Мельникова И.В. Элементы биологической продуктивности сосняков Среднего Урала: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Екатеринбург, 1993. – 22 с.

34. Милованович Д.А. Типы лесов Среднего Урала (Нижнетагильского округа). – Пермь, 1928. – 24 с.

35. Мироненко А.В. Моделирование комплексной продуктивности культур сосны Цнинского лесного массива Тамбовской области: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Брянск, 1998. – 20 с.

36. Морозов Г.Ф. Учение о лесе. – М., 1930. – 421 с.

37. Мошкалев А.Г. О подборе древостоев одного естественного ряда // Тр. по лесн. хоз-ву. – Л., 1957. – С. 3-18.

38. Нагимов, З.Я. Обоснование индикаторов первоначальной густоты древостоев // Леса Урала и хозяйство в них / М-во общ. и проф. образования РФ, Урал. гос. лесотехн. академия. – Екатеринбург, 1999. – Вып. 19. – С. 72–81.

39. Нагимов З.Я. Закономерности роста и формирования надземной фитомассы сосновых древостоев: Автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. – Екатеринбург, 2000. – 40 с.

40. Нагимов З. Я. Нормативно-справочные материалы по таксации лесов Урала. Рост деревьев по преобладающим породам : учеб. пособие / Л. А. Лысов, И. Ф. Коростелев, С. В. Соколов, И. В. Шевелина, Г. В. Анчугова. – Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2003. – Ч. 2. – 296 с.
41. Никитин К.Е. Лиственница на Украине. – Киев: Урожай, 1966. – 331с.
42. Никитин К.Е., Швиденко А.З. Методы и техника обработки лесоводственной информации. – М.: Лесн. пром-сть, 1978. – 272 с.
43. Орлов М.М. Лесная таксация. 2-е изд. – Л.: Техиздат, 1925. – 532 с.
44. Побединский А.В. Лесная типология и ее применение в лесном хозяйстве // Лесн. хоз-во. – 1976. – № 10. – С. 25–30.
45. Программа и методика биогеоэкологических исследований. – М.: Наука, 1974. – 404с.
46. Разин Г.С. Изучение и моделирование хода роста древостоев различной густоты (на примере ельников Пермской области): метод. рекомендации. Л.: ЛенНИИЛХ, 1977. 43 с.
47. Резолюция научной конференции. – Каунас, 1982.
48. Рогозин М.В., Разин Г.С. Модели динамики и моделирование развития древостоев // Сибирский лесной журнал. – Красноярск, 2015. – Вып. 2. – С. 55-70.
49. Розенберг Г.С., Феклистов П.А. Прогнозирование годичного прироста древесных растений методами самоорганизации // Экология. – 1982. – № 4. – С. 43-51.
50. Сальников А.А. Продуктивность и структура надземной фитомассы березняков на Урале: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Екатеринбург, 1997. – 24 с.
51. Сальникова И.С. Структура и динамика фитомассы древесного полога в сосняках Среднего Урала: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Екатеринбург, 2005. – 24 с.
52. Свалов Н.Н. Моделирование производительности древостоев и теория лесопользования. М.: Лесн. пром-сть, 1979. 216 с.
53. Смолоногов Е.П. Особенности хода роста сосняков бассейна реки Конда // Леса Урала и хоз-во в них. – Свердловск, 1968. – Вып. 1. – С. 74–107.

54. Соколов В.А. Динамика модельных кедровых и пихтовых насаждений Восточного Саяна // Структура и рост древостоев. – Красноярск, 1993. – С. 126–147.
55. Соколов С.В. Исследование роста и товарности сосновых древостоев подзоны южной тайги Зауралья: Дис. на соискание уч. степени канд. с.-х. наук. – Екатеринбург, 1970. – 23 с.
56. Тарашкевич А.И. Развитие и рост елово-лиственных насаждений – Петроград: тип. Я. Башмаков и К°, 1916. – 154 с.
57. Тепикин С.В. Элементы биологической продуктивности ельников Среднего Урала: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Екатеринбург, 1994. – 20 с.
58. Токмурзин Т.Х., Нурпеисов К.Н. Таблицы хода роста древостоев сосны Прииртышья // Актуальные вопросы лесного хозяйства Казахстана: Науч. тр. КазСХИ. Алма-Ата, 1976. – Вып.3. – С. 127-136.
59. Третьяков Н.В. Методика учета среднего и текущего прироста древостоев // Вопросы лесной таксации: Сб. тр. ЦНИИЛХ. – Л., 1937. – С. 3-18.
60. Третьяков Н.В., Горский П.В., Самойлович Г.Г. Справочник таксатора. – Л.: Гослесбумиздат, 1952. – 854 с.
61. Тюрин А.В. Нормальная производительность насаждений сосны, березы, осины и ели. М.; Л.: Сельколхозгиз, 1931. 200 с.
62. Усольцев В.А. Рост и структура фитомассы древостоев. – Новосибирск: Наука, 1988. – 253 с.
63. Усольцев В.А. Ход роста надземной фитомассы сосняков и ельников Среднего Урала / В.А. Усольцев, И.В. Мельникова, С.В. Тепикин, З.Я. Нагимов // Леса Урала и хоз-во в них. – Екатеринбург, 1994. – Вып. 17. – С. 155-169.
64. Усольцев В.А. Формирование баз данных о фитомассе лесов. – Екатеринбург: УрО РАН, 1998. – 543 с.
65. Черных В.Л., Сысуев В.В. Информационные технологии в лесном хозяйстве: учеб. пособие. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2002. – 378 с.
66. Шавнин А.Г. Возрастное строение и ход роста разновозрастных ельников Среднего Урала. Авторефер. дис. ... канд. биол. наук. – Владивосток, 1962. – 15 с.

67. Шахнович М.П. Продуктивность надземной фитомассы сосновых лесов бассейна р. Елогуй: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Красноярск, 1982. – 26 с.

68. Assmann E. Waldertragskunde. Muenchen, 1961. № 2. Bauersachs E. Bestandesmassenaufnahm nach dem.

69. Assmann E., Franz F. Tafelen fur optimale Bestockungsdichte und Zuwachs-Reductions-tafelen fur Fichte. Berlin. 1967. 90s.

70. Weck J. Klimaindex und forstliches Produktions-potential // Forstarchiv / 1960. № 7. S.73-79.

Учебное издание

*Сальникова Ирина Сергеевна, Воробьева Татьяна Сергеевна,
Нагимов Зуфар Ягфарович, Зубова Светлана Сергеевна,
Орехова Ольга Николаевна, Суслов Александр Владимирович*

ТАКСАЦИЯ ЛЕСА ХОД РОСТА НАСАЖДЕНИЙ

978-5-94984758-9



9 785949 847589

Редактор Р. В. Сайгина
Оператор компьютерной верстки О. А. Казанцева

Подписано в печать 07.09.2020

Формат 60x84/16

Уч.-изд. л. 6,3

Усл. печ. л. 7,67

Тираж 300 экз. (1-й завод 35 экз.)

Заказ № 6977

ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет»

620100, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37

Тел.: 8(343)262-96-10. Редакционно-издательский отдел

Типография ООО «ИЗДАТЕЛЬСТВО УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР УПИ»

620062, РФ, Свердловская область, Екатеринбург, ул. Гагарина, 35а, оф. 2.

Тел.: 8(343)362-91-16